

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the Patent Application of)

Xavier MICHEL)

Application No.: To Be Assigned)

Group Art Unit: To Be Assigned

Filed: August 22, 2001)

Examiner: To Be Assigned

For: IMAGE PROCESSING APPARATUS,)
IMAGE PROCESSING METHOD, AND)
STORAGE MEDIUM)CLAIM TO PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:


The benefit of the filing date of the following prior application filed in the following foreign country is hereby requested and the right of priority provided under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Appl. No. 2000-251968, filed August 23, 2000

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application.

Respectfully submitted,

Dated: August 22, 2001



Ronald P. Kananen
Reg. No. 24,104

RADER, FISHMAN & GRAUER P.L.L.C.
1233 20TH Street, NW
Suite 501
Washington, DC 20036
202-955-3750-Phone
202-955-3751-Fax
Customer No. 23353

501 p1262 US

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

US PTO
09/933822
08/22/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 8月23日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-251968

出 願 人
Applicant(s):

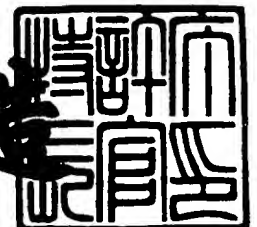
ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 5月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 0000110203

【提出日】 平成12年 8月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 17/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
 内

 【氏名】 グザビエ ミッシェル

【特許出願人】

 【識別番号】 000002185

 【氏名又は名称】 ソニー株式会社

 【代表者】 出井 伸之

【代理人】

 【識別番号】 100082131

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 稲本 義雄

 【電話番号】 03-3369-6479

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 032089

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9708842

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理装置および方法、並びに記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空間解像度を垂直方向と水平方向にそれぞれ Z 倍することにより原画像の解像度を変換する画像処理装置において、

前記原画像の局所的なエネルギーを計算するエネルギー計算手段と、

前記計算手段により計算された前記局所的なエネルギーに基づいて、エッジの方向を検出する検出手段と、

前記検出手段により検出された前記エッジの方向に基づいて、原画像の画素から新たな画素を補間する補間手段と、

前記計算手段により計算された前記局所的なエネルギーに基づいて、エッジを強調する処理を行うエッジ強調手段と

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 前記エネルギー計算手段により局所的なエネルギーの計算が行われる前に、前記原画像のエッジの弱い結合を強い結合に変換するエッジ変換手段を

さらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】 前記エッジ変換手段は、対角線上に位置する画素の値に基づいて、所定の 1 つの画素の値を、他の 2 つの画素の値の平均値とすることを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】 前記エッジ強調手段は、前記局所的なエネルギーの値が所定の閾値より大きい場合、1次元エッジビルディングフィルタの係数を、対応する画素に乗算し、その積を加算する1次元フィルタ処理を行う

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】 前記補間手段と前記エッジ強調手段は、前記原画像の垂直方向と水平方向のそれぞれの方向について処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】 前記補間手段は、検出された前記エッジの方向の 2 つの画素から新たな 1 つの画素を補間する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 7】 前記補間手段は、前記検出手段により前記エッジが検出されないとき、線形補間処理を行う

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】 前記補間手段により補間された画素の局所的構造の整合性を判定する整合性判定手段をさらに備え、

前記整合性判定手段により整合性がないと判定されたとき、前記補間手段は、線形補間処理を行う

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 9】 前記エネルギー計算手段は、前記原画像の大きさに対応するエネルギーマップを作成する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 10】 前記補間手段と前記エッジ強調手段の処理は、前記値 Z の値が 2 より大きい場合、前記値 Z の値が 2 であるときの処理を N 回行った後、前記値 z の値が 2 以下であるときの処理を 1 回行う

ことを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 11】 空間解像度を垂直方向と水平方向にそれぞれ Z 倍することにより原画像の解像度を変換する画像処理装置の画像処理方法において、

前記原画像の局所的なエネルギーを計算するエネルギー計算ステップと、

前記計算ステップの処理により計算された前記局所的なエネルギーに基づいて、エッジの方向を検出する検出ステップと、

前記検出ステップの処理により検出された前記エッジの方向に基づいて、原画像の画素から新たな画素を補間する補間ステップと、

前記計算ステップの処理により計算された前記局所的なエネルギーに基づいて、エッジを強調する処理を行うエッジ強調ステップと

を含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 12】 空間解像度を垂直方向と水平方向にそれぞれ Z 倍することにより原画像の解像度を変換する画像処理装置のプログラムにおいて、

前記原画像の局所的なエネルギーを計算するエネルギー計算ステップと、

前記計算ステップの処理により計算された前記局所的なエネルギーに基づいて、エッジの方向を検出する検出ステップと、

前記検出ステップの処理により検出された前記エッジの方向に基づいて、原画像の画素から新たな画素を補間する補間ステップと、

前記計算ステップの処理により計算された前記局所的なエネルギーに基づいて、エッジを強調する処理を行うエッジ強調ステップと

を含むことを特徴とするコンピュータが読み取り可能なプログラムが記録されている記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、画像処理装置および方法、並びに記録媒体に関し、特に、静止画および動画像など様々なソースに適用でき、そして人間の視覚系にアピールする方法で鮮明で自然なエッジを再描画し、高画質な高解像度画像を得ることができるようにした画像処理装置および方法、並びに記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

デジタル画像に基づく機器(デジタルカメラやカメラ一体型ビデオテープレコーダなど)の使用機会が多くなるにつれ、いわゆるデジタルズーム処理の必要性が高まってきた。それにともない、デジタル画像の解像度を上げるための様々な方法が開発されてきた。従来の主な手法として、以下の3つの手法が存在する。

第1の手法は、最近隣画素をそのまま用いた補間方法(0次補間(zero-order-hold interpolation))であり、特にハードウェアの観点で簡単な補間法である。

第2の手法は、最近隣2画素の平均値を計算し、垂直方向と水平方向に新しい画素を挿入する双線形補間方法(bilinear interpolation)であり、隣接画素の補間にはかなり良い手法だと考えられている。

第3の手法は、ノイズにも強く、モザイクパターンが出現しない、B-スプライン(B-spline)補間法である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、第 1 の方法は、特に高倍率で効果が少なく、拡大された画像には、有名な「モザイクパターン」というノイズが出てしまう。そして、エッジが大幅に破壊され、非常に目障りなジャギーが出現してしまう。

第 2 の方法は、画像全体がぼやけてしまうという欠点があり、画像の解像度は改善されない。加えて、高倍率の際にモザイク現象がたくさん出てしまう。

第 3 の方法は、画像はかなりぼやけてしまい、それにもかかわらず相対的に見るとハードウェアは複雑になってしまう。

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、少ない計算処理で、効果的かつ簡単に、コンピュータグラフィックスから写真までの範囲に及ぶ様々なタイプの静止画および動画の解像度を変更することができるようにするものである。

【0 0 0 4】

【課題を解決するための手段】

本発明の画像処理装置は、空間解像度を垂直方向と水平方向にそれぞれ 2 倍することにより原画像の解像度を変換する画像処理装置において、原画像の局所的なエネルギーを計算するエネルギー計算手段と、計算手段により計算された局所的なエネルギーに基づいて、エッジの方向を検出する検出手段と、検出手段により検出されたエッジの方向に基づいて、原画像の画素から新たな画素を補間する補間手段と、計算手段により計算された局所的なエネルギーに基づいて、エッジを強調する処理を行うエッジ強調手段とを備えることを特徴とする。

【0 0 0 5】

前記エネルギー計算手段により局所的なエネルギーの計算が行われる前に、原画像のエッジの弱い結合を強い結合に変換するエッジ変換手段をさらに設けさせるようにすることができる。

【0 0 0 6】

前記エッジ変換手段には、対角線上に位置する画素の値に基づいて、所定の 1 つの画素の値を、他の 2 つの画素の値の平均値とさせるようにすることができる。

【0007】

前記エッジ強調手段には、局所的なエネルギーの値が所定の閾値より大きい場合、1次元エッジビルディングフィルタの係数を、対応する画素に乗算し、その積を加算する1次元フィルタ処理を行わせるようにすることができる。

【0008】

前記補間手段とエッジ強調手段には、原画像の垂直方向と水平方向のそれぞれの方向について処理を行わせるようにすることができる。

【0009】

前記補間手段には、検出されたエッジの方向の2つの画素から新たな1つの画素を補間させるようにすることができる。

【0010】

前記補間手段には、検出手段により前記エッジが検出されないとき、線形補間処理を行わせるようにすることができる。

【0011】

前記補間手段により補間された画素の局所的構造の整合性を判定する整合性判定手段をさらに設けさせ、整合性判定手段により整合性がないと判定されたとき、補間手段には、線形補間処理を行わせるようにすることができる。

【0012】

前記エネルギー計算手段には、原画像の大きさに対応するエネルギーマップを作成させるようにすることができる。

【0013】

前記補間手段とエッジ強調手段の処理では、値Zの値が2より大きい場合、値Zの値が2であるときの処理をN回行った後、値zの値が2以下であるときの処理を1回行わせるようにすることができる。

【0014】

本発明の画像処理方法は、空間解像度を垂直方向と水平方向にそれぞれZ倍することにより原画像の解像度を変換する画像処理装置の画像処理方法において、原画像の局所的なエネルギーを計算するエネルギー計算ステップと、計算ステップの処理により計算された局所的なエネルギーに基づいて、エッジの方向を検出

する検出ステップと、検出ステップの処理により検出されたエッジの方向に基づいて、原画像の画素から新たな画素を補間する補間ステップと、計算ステップの処理により計算された局所的なエネルギーに基づいて、エッジを強調する処理を行うエッジ強調ステップとを含むことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明の記録媒体のプログラムは、空間解像度を垂直方向と水平方向にそれぞれ N 倍することにより原画像の解像度を変換する画像処理装置のプログラムにおいて、原画像の局所的なエネルギーを計算するエネルギー計算ステップと、計算ステップの処理により計算された局所的なエネルギーに基づいて、エッジの方向を検出する検出ステップと、検出ステップの処理により検出されたエッジの方向に基づいて、原画像の画素から新たな画素を補間する補間ステップと、計算ステップの処理により計算された局所的なエネルギーに基づいて、エッジを強調する処理を行うエッジ強調ステップとを含むことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

本発明の画像処理装置および方法、並びに記録媒体のプログラムにおいては、局所的なエネルギーに基づいて、エッジの方向が検出され、検出されたエッジの方向に基づいて、画素が補間されるとともに、局所的なエネルギーに基づいて、エッジが強調される。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明を適用した画像処理装置の構成例を表している。この画像処理装置10においては、画像入力部1が処理対象とされる画像データを、記録媒体から読み取ったり、ネットワークを介して伝送されてくるものを受信して入力し、画像処理部2に出力している。画像処理部2は、画像入力部1より入力された画像の解像度を変更し（拡大または縮小し）、画像出力部3に出力している。画像出力部3は、画像処理部2より供給された画像データを表示部に表示させたり、記録媒体に記録するか、あるいは、伝送媒体を介して、他の装置に伝送する。

【 0 0 1 8 】

画像処理部2には、エッジコネクタ処理部11が設けられている。このエッジ

コネクタ処理部 11 は、画像のエッジを太くする処理を実行する。すなわち、小さいサイズの画像は、低解像度であり、信頼できる情報が少ないため、拡大するのが困難である。エッジが 1 画素と同じくらい細い（薄い）と、後述する高速垂直アップサンプリング処理部 12、垂直アップサンプリング処理部 13、高速水平アップサンプリング処理部 14、または、水平アップサンプリング処理部 15 におけるエッジ検出が困難になり、エッジ方向に沿った補間処理を正確に行うことが困難になる。そこで原画像に前処理を行い、エッジを検出し易くする。この画像情報を破壊しない前処理は、例えばコンピュータのアイコンやワードプロセッサのフォントなどの弱接続（loose connection）を持つ画像に対して行われる。

【0019】

高速垂直アップサンプリング処理部 12 と垂直アップサンプリング処理部 13 は、それぞれ原画像の解像度を垂直方向に Z 倍する処理を行う。高速垂直アップサンプリング処理部 12 は、 Z の値が 1 より大きく 2 より小さい場合の処理を行い、垂直アップサンプリング処理部 13 は、 Z の値が 2 である場合の処理を行う。

【0020】

高速水平アップサンプリング処理部 14 と水平アップサンプリング処理部 15 は、それぞれ原画像の解像度を水平方向に Z 倍する処理を行う。高速水平アップサンプリング処理部 14 は、 Z の値が 1 より大きく 2 より小さい場合の処理を行い、水平アップサンプリング処理部 15 は、 Z の値が 2 である場合の処理を行う。

【0021】

線形縮小処理部 16 は、原画像の解像度を縮小する（ $(ZZ < 1)$ 倍する）処理を行う。

【0022】

1 次元垂直エッジビルダ処理部 17 と 1 次元水平エッジビルダ処理部 18 は、それぞれ垂直方向または水平方向に画像データをフィルタ処理し、エッジを強調するとともに、残りのエラーを除去する。すなわち、高速垂直アップサンプリン

グ処理部 1 2、垂直アップサンプリング処理部 1 3、高速水平アップサンプリング処理部 1 4、または水平アップサンプリング処理部 1 5 のアップサンプリング処理により、画像がぼけてしまう恐れがある。そこで、エッジ情報を保持しながら画像を拡大するため、または画像の鮮明さとコントラストを保持するために、エッジビルダ処理が行われる。

【 0 0 2 3 】

すなわち、エッジ近辺には、エッジの鮮明さに影響を及ぼす潜在的ノイズが存在するため、画像のエッジの方向の識別が、相対的に不正確になり、拡大処理過程でエラーが伝搬してしまうことがある。この場合、エッジ近辺の画素が間違っ

【 0 0 2 4 】

て計算される恐れもあり、わずかであるが、歪みが発見されるおそれもある。そこでこのエッジビルダ処理により、局所的にローパスフィルタをかけ、その不完全な画素と最も近傍の画素を混合することにより、このような問題に対処するのである。また、このエッジビルダ処理により、ハイパスフィルタをかけ、鮮鋭化処理することで、画質を大幅に向上させる。

【 0 0 2 5 】

次に、図 2 のフローチャートを参照して、画像処理部 2 のズーム処理について説明する。最初にステップ S 1 において、画像処理部 2 は、変数 z に倍率 Z の値を設定する。次にステップ S 2 において、画像処理部 2 は、変数 z の値が 2 以上であるか否かを判定し、2 未満である場合には、ステップ S 3 に進み、変数 z の値が 1 より大きく 2 より小さい値であるか否かが判定される。変数 z の値が 1 より大きく 2 より小さい場合にはステップ S 4 に進み、画像処理部 2 は、高速ズーム処理を行う。この高速ズーム処理の詳細は、図 3 のフローチャートを参照して後述する。その後、ステップ S 7 において、出力表示処理が実行される。

【 0 0 2 6 】

ステップ S 3 において変数 z の値が 1 と 2 の間の値ではないと判定された場合、ステップ S 5 に進み、その変数 z の値は、0 であるか否かが判定される。その変数 z の値が 0 でない場合には（変数 z の値が 1 未満である場合には）、ステップ S 6 に進み、標準的な線形縮小処理が実行される。その後、ステップ S 7 にお

いて、出力表示処理が実行される。すなわち、生成された画像が、画像出力部 3 により、表示部に表示される。

【 0 0 2 7 】

これに対してステップ S 5 において、変数 z の値が 0 であると判定された場合、ステップ S 6 におけるズーム処理を所定回数実行した結果、拡大処理は既に完了しているため、ステップ S 7 に進み、出力表示処理が実行される。

【 0 0 2 8 】

ステップ S 2 において、変数 z の値が 2 以上であると判定された場合、ステップ S 8 に進み、画像処理部 2 は、ズーム処理を実行する。このズーム処理の詳細は、図 3 4 のフローチャートを参照して後述する。

【 0 0 2 9 】

ステップ S 8 の次にステップ S 9 に進み、画像処理部 2 は、変数 z の値を 2 で除算する。その後、処理はステップ S 2 に戻り、それ以降の処理が繰り返し実行される。

【 0 0 3 0 】

すなわち、変数 z の値が 2 以上である場合には、ステップ S 8 の処理が変数 z の値が 2 より小さくなるまで所定回数繰り返し行われる。そして、変数 z の値が 2 より小さくなった場合には、変数 z の値が 1 と 2 の間の値であるとき、ステップ S 4 で高速ズーム処理が行われ、変数 z の値が 1 未満である場合には、ステップ S 6 で標準的な線形縮小処理が行われる。この標準的な線形縮小処理は、例えば、バイリニアフィルタを用いて実現することができる。

【 0 0 3 1 】

次に、図 3 のフローチャートを参照して、ステップ S 4 の高速ズーム処理について説明する。最初にステップ S 1 1 において、画像処理部 2 は、ユーザより設定されているモードが、画像モードであるか否かを判定する。設定されているモードが画像モードでない場合には（処理対象の画像が、エッジコネクタ処理を必要とするアイコンやフォントなどの弱接続の画像である場合には）、ステップ S 1 6 に進み、エッジコネクタ処理が行われる。このエッジコネクタ処理の詳細は、図 3 0 と図 3 1 を参照して後述するが、この処理で、弱接続の画像が強接続の

画像に前処理される。

【0032】

ステップS11で設定されているモードが画像モードであると判定された場合（処理対象の画像が強接続の画像である場合）、およびステップS16の処理の後、ステップS12に進み、画像処理部2は、高速垂直アップサンプリング処理を実行する。この高速垂直アップサンプリング処理は、例えば、図4に示されるように、画像入力部1より入力された原画像の画素数を垂直方向に拡大する処理を意味する。この高速垂直アップサンプリング処理は、高速垂直アップサンプリング処理部12により実行される。

【0033】

高速垂直アップサンプリング処理の詳細は、図5のフローチャートに示されている。高速垂直アップサンプリング処理部12は、最初にステップS21において、Hバッファ31（後述する図7）と2Yバッファ41（後述する図13）を作成する。画像入力部1より入力された原画像（I_image）のサイズが、 $In_width \times In_height$ である場合、Hバッファ31のサイズは、 $In_width \times (\alpha_Z \times In_height)$ となる。ここで、 α_Z は、原画像を垂直方向に拡大する倍率を表し、今の場合、高速垂直アップサンプリングであるので、その値は1より大きく、2より小さい値である（ステップS3，S4）。

【0034】

2Yバッファ41は、サイズが $In_width \times 1$ とされる。この2Yバッファ41には、補間された画素が一次的に格納される。

【0035】

次に、ステップS22において、高速垂直アップサンプリング処理部12は、サイズが $In_width \times In_height$ のエネルギーマップを作成する。さらに、ステップS23において、高速垂直アップサンプリング処理部12は、ケース1乃至ケース3に対応する処理を実行する。

【0036】

このケース1乃至ケース3の処理は、Hバッファ31のY行の補間データを生成する処理である。Y行の補間データが、ケース1乃至ケース3のいずれの処理

により生成されるかは、次のように決定される。

【 0 0 3 7 】

すなわち、本実施の形態においては、原画像I_imageを垂直方向に2倍に拡大した画像としての仮想垂直2倍拡大画像2Y_imageが想定される。Hバッファ31に格納する画像は、原画像I_imageを垂直方向にalpha_Z倍した画像であるから、仮想垂直2倍拡大画像2Y_imageの行を2Y_lineとし、Hバッファ31に格納する画像の行をYとすると、次の比例式が成立する。

【 0 0 3 8 】

$$Y:2Y_line=alpha_Z:2 \quad \dots (1)$$

この式を整理すると、次式が得られる。

$$2Y_line=Y \times 2 / alpha_Z \quad \dots (2)$$

【 0 0 3 9 】

上記(2)式より計算された値2Y_lineが整数且つ偶数である場合(2Y_line=2nであり、nが整数である場合)、Y行の補間データは、ケース1の処理で生成される。値2Y_lineが整数且つ奇数である場合(2Y_line=2n+1であり、nが整数である場合)、Y行の補間データは、ケース2の処理で生成される。その他の場合、すなわち値2Y_lineが実数である場合、Y行の補間データは、ケース3の処理で生成される。

【 0 0 4 0 】

ケース1の場合、図6のフローチャートに示す処理が実行される。すなわち、ケース1の場合、Hバッファ31の行Yの値を、原画像I_image中の所定の行の値(2Y_line/2=n)と対応させることができる。このため、ステップS31において、原画像I_imageの2Y_line/2行をHバッファ31のY行にそのままコピーする処理が実行される。

【 0 0 4 1 】

図7は、この場合の処理を模式的に表している。すなわち、ケース1の場合、Hバッファ31の行Yの値が原画像I_imageの行nの値と等しいため、原画像のn(=2Y_line/2)行がHバッファ31のY行にそのままコピーされる。

【 0 0 4 2 】

次に、図 8 のフローチャートを参照して、ケース 2 の場合の処理について説明する。このケース 2 の場合、 $(2n+1)/2$ の値は整数ではないので、H バッファ 3 1 の行 Y の値を、原画像 I_image 中の所定の行の値に対応させることができない。しかしながら、仮想垂直 2 倍拡大画像 2Y_image 中の所定の行 $(2n+1)$ とは、対応させることができる。

【 0 0 4 3 】

そこで、この場合、ステップ S 4 1 において、原画像 I_image 中の所定の範囲 (N 画素) の上行 up_line と下行 down_line の画素を抽出する処理が実行される。N の値は可変とされる。従って、上行 up_line の中心座標は、 $(X+N/2, n)$ となり、下行 down_line の中心座標は、 $(X+N/2, n+1)$ となる。

【 0 0 4 4 】

次にステップ S 4 2 において、局所エネルギー $E(N)$ が次式より計算される。

【 0 0 4 5 】

$$E(N) = \sum_{I=0}^{N-1} \text{ABS} (\text{up_line}(I) - \text{down_line}(N-I-1)) \quad \dots (3)$$

【 0 0 4 6 】

上記 (3) 式の計算は、up_line の個々の画素から対角線上に位置する down_line の画素を減算し、その絶対値の和を積算することを意味する。

【 0 0 4 7 】

図 9 は、局所エネルギー $E(N)$ の計算の例を表している。同図に示されるように、上行 up_line の画素と、下行 down_line の画素のうち、対角線上に位置する上の画素から下の画素の画素値が減算され、その差の絶対値の和が局所エネルギー $E(N)$ とされる。図 9 の例では、画素 $Y_{0,0}$ の値 (30) から、画素 $Y_{1,4}$ の値 (255) が減算される。また画素 $Y_{0,1}$ の画素値 (150) から、画素 $Y_{1,3}$ の画素値 (230) が減算される。以下同様に、画素 $Y_{0,2}$ の画素値 (150) から画素 $Y_{1,2}$ の画素値 (200) が減算され、画素 $Y_{0,3}$ の画素値 (200) から画素 $Y_{1,1}$ の画素値 (200) が減算され、画素 $Y_{0,4}$ の画素値 (255) から、画素 $Y_{1,0}$ の画素値 (30) が減算される。そしてそれぞれの差分の絶対値の和が局所エネルギーとされる。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 4 3 において、高速垂直アップサンプリング処理部 1 2 は、ステップ S 4 2 で計算された局所エネルギー $E(N)$ を、ステップ S 2 2 で生成されたエネルギーマップの座標 $(X+N/2, n)$ に格納する。この局所エネルギーは、後述するステップ S 1 3 の 1 次元垂直エッジビルダ処理で用いられる。

【 0 0 4 9 】

次に、ステップ S 4 4 において、高速垂直アップサンプリング処理部 1 2 は、局所エネルギー $E(N)$ が予め設定されている所定の閾値 T より大きいかなんかを判定する。局所エネルギー $E(N)$ が閾値 T と等しいか、それより小さい場合、その領域は、エッジを含まない平坦な低エネルギーの領域と見なされる。この場合、潜在的エッジの方向を計算する必要がない。このため、ステップ S 5 0 に進み、高速垂直アップサンプリング処理部 1 2 は、H バッファ 3 1 中の座標 $(X+N/2, Y)$ の画素データとして、隣接する上行中心画素 $up_line(N/2)$ と、隣接する下行中心画素 $down_line(N/2)$ の平均値を演算し、H バッファ 3 1 のその座標 $(X+N/2, Y)$ に格納する。すなわち、ステップ S 5 0 においては、次の式に基づいて、標準的な線形補間処理が行われる。

【 0 0 5 0 】

$$H_buffer(X+N/2, Y) = 0.5 \times (up_line(N/2) + down_line(N/2)) \quad \dots (4)$$

【 0 0 5 1 】

ステップ S 4 4 において、局所エネルギー $E(N)$ の値が閾値 T より大きいと判定された場合、その領域は、潜在的エッジを含んだ高エネルギー領域と見なされる。このとき、ステップ S 4 5 において、エッジ方向を試験的に計算する処理が実行される。具体的には、以下に示す演算が、 $x=N-1$ から x をデクリメントし、 x が -1 より大きいとき行われる。

【 0 0 5 2 】

$$Energy = ABS(up_line(N-x-1) - down_line(x)) \quad \dots (5)$$

【 0 0 5 3 】

上記 (5) 式で計算されたエネルギーの値のうち、最も小さいものが選択され、その 2 つの画素が対応する対角線の方向が局所的なエッジの方向と見なされる。

【0054】

図10は、この場合の具体的な例を表している。この例においては、画素 $Y_{0,0}$ の画素値(30)と、画素 $Y_{1,4}$ の画素値(255)との差、画素 $Y_{0,1}$ の画素値(150)と、画素 $Y_{1,3}$ の画素値(230)との差、画素 $Y_{0,2}$ の画素値(150)と、画素 $Y_{1,2}$ の画素値(200)との差、画素 $Y_{0,3}$ の画素値(200)と、画素 $Y_{1,1}$ の画素値(200)との差、および画素 $Y_{0,4}$ の画素値(255)と、画素 $Y_{1,0}$ の画素値(30)との差が、それぞれ演算される。そしてそれらの値の絶対値のうち、最も小さい値(この例の場合、画素 $Y_{0,3}$ と画素 $Y_{1,1}$ を結ぶ方向)が局所的なエッジ方向と見なされる。

【0055】

図11は、Hバッファ31に保持されている上行up_lineの3画素と下行down_lineの3画素との差から局所的なエッジ方向が推測される例を表している。図11の例においては、Nの値が3とされているが、このNの値としてより大きな値を用いることで、より正確に、かつより多くの方向のエッジの検出が可能となる。

【0056】

ステップS45の処理で、エッジ方向が検出された場合、さらにステップS46において、その検出されたエッジ方向の画素を用いて、補間処理が行われる(方向補間処理が行われる)。この方向補間処理は、エッジ方向に対応する2つの画素の画素値に基づいて、その間に位置する画素の画素値を補間することを意味する。例えば、図10の例では、画素 $Y_{0,3}$ と画素 $Y_{1,1}$ の画素値の平均値(200)が、両者の間の画素の画素値とされる。

【0057】

これにより、全ての場合において、上行中心画素と下行中心画素の平均値を新たな画素の画素値とする標準的な線形補間処理(ステップS50の処理)に較べ、元の画像の鮮明さとコントラストを保存し、画像のボケを抑制することが可能となる。

【0058】

次に、ステップS47に進み、高速垂直アップサンプリング処理部12は、構

造コレクタ処理を実行する。この構造コレクタ処理は、座標 $(X+N/2, Y)$ に補間された画素と、その垂直の近傍画素、すなわち座標 $up_line(N/2)$ と、座標 $down_line(N/2)$ との関係を解析することで、更新された局所構造（ステップS46の方向補間処理で生成された画素とその上下の画素）の整合性をチェックする処理である。

【0059】

すなわち、この構造コレクタ処理では、上行の中心画素から更新された画素を減算する処理が行われ、さらに、更新された画素から下行の中心画素を減算する処理が行われる。さらに、以上のようにして得られた2つの減算結果を乗算することで、垂直方向の変化を表す値 $V(N/2)$ が計算される。すなわち、ステップS47においては、次の式で示す演算が行われる。

【0060】

$$V(N/2) = (up_line(N/2) - H_buffer(X+N/2, Y)) \times (H_buffer(X+N/2, Y) - down_line(N/2)) \quad \dots (6)$$

【0061】

次に、ステップS48において、高速垂直アップサンプリング処理部12は、ステップS47での演算結果に基づいて、更新された局所構造の整合性があるかを判定する。この判定は、上記式(6)で演算された値 $V(N/2)$ が正であるか否かに基づいて行われる。値 $V(N/2)$ が正である場合には、整合性があると見なされ、ステップS49において、ステップS46の方向補間処理で生成された画素がHバッファ31の行Yに格納される。またこの画素値は、ステップS21の処理(図5)で生成された2Yバッファ41(図13)にも格納される。

【0062】

これに対して、ステップS48において、値 $V(N/2)$ が負であると判定された場合、整合性はないと見なされる。すなわち、局所方向の識別が誤っており、ステップS46で生成された画素値は、適切でないと判断される。この場合、局所エッジの方向は、識別不可能と見なされ、ステップS50に進み、ステップS44において、局所エネルギー $E(N)$ の値が閾値 T より小さいと判定された場合と同様に、式(4)を用いた標準的な線形補間処理が行われる。すなわち、上行中心画

素 $up_line(N/2)$ と、下行中心画素 $down_line(N/2)$ との平均値が、その間のHバッファ31の新しい画素 $(X+N/2, Y)$ の画素値とされる。

【0063】

図8のケース2の処理を模式的に表すと、図12に示されるようになる。

【0064】

すなわち、ステップS42において、局所エネルギーが計算され、その値が閾値Tより小さい場合（低エネルギーの場合）には、ステップS50において、線形補間処理が実行される。これに対して、局所エネルギーが閾値Tより大きい場合（高エネルギーの場合）には、ステップS45において、エッジ方向計算処理が行われる。そしてステップS46において、ステップS45で得られたエッジ方向に基づいて、方向補間処理が実行される。さらに、ステップS47において、構造コレクタ処理が行われ、整合性がある場合には、ステップS46の方向補間処理で生成された画素値がHバッファ31に格納されるが、整合性がないと判定された場合には、ステップS50において、線形補間処理が実行される。

【0065】

図13は、図8のフローチャートで示されるケース2の場合の処理を、原画像I_image、Hバッファ31、2Yバッファ41、および仮想垂直2倍拡大画像2Y_imageの関係から表している。Hバッファ31のY行が仮想垂直2倍拡大画像2Y_imageの所定の行2Y_lineと所定の関係にある場合には、原画像I_imageのn行と、n+1行に基づいて、方向補間処理が行われ、得られたデータは2Yバッファ41に格納される。そして、2Yバッファ41に格納されたデータがHバッファ31の行Yにコピー（格納）される。

【0066】

次に、図14のフローチャートを参照して、ケース3の処理について説明する。このケースは、 $2n < 2Y_line < 2n+1$ 、または、 $2n-1 < 2Y_line < 2n$ の場合、つまり、Hバッファ31中の行Yの値が、仮想垂直2倍拡大画像2Y_imageの行2Y_lineのいずれにも対応せず、かつ、原画像I_imageのどの行とも対応しない場合である。

【0067】

この場合、ステップ S 6 1 において、2Y_line の値が 2n より大きく、且つ 2n+1 より小さいか否かが判定される。2Y_line の値が 2n より大きく、且つ 2n+1 より小さい場合、仮想垂直 2 倍拡大画像 2Y_image の 2n+1 行と 2n 行から、H バッファ 3 1 の Y 行が生成される。

【 0 0 6 8 】

そこで、この場合、ステップ S 6 2 において、高速垂直アップサンプリング処理部 1 2 は、仮想垂直 2 倍拡大画像 2Y_image の 2n+1 行を、隣接する上行 2n 行と、下行 2n+2 行（原画像 I_image における n 行と n+1 行）を用いて、図 8 のケース 2 のフローチャートに示すステップ S 4 1 乃至ステップ S 5 0 の処理で計算する。ステップ S 6 2 で計算された結果は、H バッファ 3 1 における次の n+1 行の計算に使用される可能性があるため、ステップ S 6 3 において、2 Y バッファ 4 1 に格納される。

【 0 0 6 9 】

さらに、ステップ S 6 4 において、ステップ S 6 2 で計算された 2n+1 行（2 Y バッファ 4 1 に記憶されている値）と、仮想垂直 2 倍拡大画像 2Y_image の 2n 行（原画像 I_image の n 行）から、H バッファ 3 1 の Y 行が次式から演算され、H バッファ 3 1 の Y 行に記憶される。

【 0 0 7 0 】

$$H_buffer(X,Y) = (2Y_line - 2n) \times 2Y_buffer(X) + (2n+1 - 2Y_line) \times I_image(X,n) \quad \dots (7)$$

【 0 0 7 1 】

このように、ステップ S 6 2 乃至 S 6 4 の処理では、原画像 I_image を垂直方向に 2 倍に拡大した画像を生成し、その画像と原画像 I_image とから、alpha_Z 倍の画像を生成していることになる。

【 0 0 7 2 】

一方、ステップ S 6 1 において、2Y_line が 2n より大きく、且つ 2n+1 より小さいと判定されなかった場合（2Y_line が 2n-1 より大きく、2n より小さいと判定された場合）、仮想垂直 2 倍拡大画像 2Y_image の 2n-1 行と 2n 行から、H バッファ 3 1 の Y 行が生成される。この 2n-1 行は、H バッファ 3 1 中の前行を求める際に計

算され、2Yバッファ41に既に格納されている場合がある。そこでステップS65において、2n-1行が2Yバッファ41に既に格納されているか否かが判定され、格納されている場合には、ステップS68において、2n-1行のデータが2Yバッファ41から取り出される。

【0073】

これに対して、ステップS65において、2n-1行のデータが2Yバッファ41にまだ格納されていないと判定された場合、ステップS66に進み、仮想垂直2倍拡大画像2Y_imageの2n-1行を、上行2n-2行と下行2n行（原画像I_imageのn-1行とn行）を用い、図8のケース2のフローチャートのステップS41乃至ステップS50の処理により計算する処理が実行される。ステップS66で計算された2n-1行の値は、ステップS67において、Hバッファ31における次のY+1行の計算に使用する可能性があるので、2Yバッファ41に格納される。

【0074】

ステップS67、またはステップS68の処理の後、ステップS69に進み、得られた2n-1行と、仮想垂直2倍拡大画像2Y_imageの2n行（原画像I_imageのn行）からHバッファ31のY行が次式に従って補間される。

【0075】

$$H\text{-buffer}(X,Y)=(2n-2Y_line)\times 2Y\text{-buffer}(X)+(2Y_line-(2n-1))\times I_image(X,n) \quad \dots (8)$$

【0076】

この処理は、X=0からIn_widthより小さい値である期間、Xの値をインクリメントしつつ行われる。

【0077】

Hバッファ31の個々の未知の行の各画素を求めるため、 $(-1 < X < In_width - N + 1)$ と、 $(-1 < Y < \alpha_Z \times In_height - 1)$ の条件を満たす座標(X+N/2, Y)で、同様の処理が繰り返し実行される。

【0078】

このように、ケース3の処理においては、仮想垂直2倍拡大画像2Y_image中の2n行と2n+1行、または2n-1行と2n行を用いて、重み付け補間が実行される。

【0079】

以上の図14のケース3に示す処理を模式的に表すと、図15に示すようになる。仮想垂直2倍拡大画像2Y_imageの2Y_line行の値が2nより大きく、且つ2n+1関係の場合とHバッファ31のY行とが所定の原画像I_imageのn行とn+1行から方向補間処理により2n+1行、または2n-1行のデータが生成され、2Yバッファ41に記憶される。そして、2Yバッファ41に記憶された値と、仮想垂直2倍拡大画像2Y_imageの2n行のデータから、Hバッファ31のY行のデータが重み付け補間される。

【0080】

図3のフローチャートに戻って、以上のようにして、ステップS12の高速垂直アップサンプリング処理が行われた後、ステップS13に進み、1次元垂直エッジビルダ処理が行われる。エッジビルダ処理は、後述するステップS15における1次元水平エッジビルダ処理とともに構成される2次元フィルタ処理の一部の処理である。この例に示されるように、2次元フィルタ処理は、1次元垂直エッジビルダ処理と、1次元水平エッジビルダ処理とに分離することが可能であるが、2次元フィルタ処理として実行される場合には、例えば図16に示すような5×5個のフィルタ係数が、対応する5×5個の画素データに乗算され、その積和値が5×5個の画素値の中央の画素値とされる。

【0081】

図16に示されるフィルタ係数を構成するパラメータ α は、0.5より大きく、1.4以下の値とされる。この値 α は、次式で決定される。

【0082】

$$\alpha = 1.4 - (0.1 \times \text{alpha_Z}) \quad \dots (9)$$

【0083】

なお、alpha_Zは、ユーザが設定する倍率であり、この値を調整することでエッジ訂正およびエッジ強調を調整することができる。

【0084】

次に、図17のフローチャートを参照して、図3のステップS13における1次元垂直エッジビルダ処理の詳細について説明する。この処理は、1次元垂直エ

ッジビルダ処理部 1 7 により実行される。

【0 0 8 5】

最初にステップ S 8 1 において、画素 (X, Y) が $(1 < X < 2 \times \text{In_width} - 3)$ および、 $(1 < Y < 2 \times \text{In_height} - 3)$ の条件を満足しているとき、画素 (X, Y) を中心とした 5 個の画素が 1 組として H バッファ 3 1 の X 列から抽出される。次に、ステップ S 8 2 において、5 個の画素の中心の画素のエネルギー $E(X, Y/2)$ の値が、予め設定されている所定の閾値 T より大きいかが判定される。このエネルギー $E(X, Y/2)$ は、図 8 のステップ S 4 2 の処理で計算され、ステップ S 4 3 の処理でエネルギーマップに格納されたものである。

【0 0 8 6】

ステップ S 8 2 において、エネルギー $E(X, Y/2)$ の値が閾値 T より大きいと判定された場合、ステップ S 8 3 に進み、1 次元垂直エッジビルダ処理フィルタにより畳み込み処理が行われる。畳み込み処理された結果は、ステップ S 8 4 において、バッファに格納される。

【0 0 8 7】

ステップ S 8 2 において、エネルギー $E(X, Y/2)$ の値が、閾値 T と等しいか、それより小さいと判定された場合、ステップ S 8 3 の処理はスキップされ、ステップ S 8 1 で抽出された 5 個の画素がそのままバッファに格納される。

【0 0 8 8】

図 1 8 は、1 次元垂直エッジビルダ処理の具体的例を表している。この例においては、5 個の画素の中の中心画素のエネルギー E が、エネルギーマップから読み出され、その値が所定の閾値 T より大きい場合には、1 次元垂直エッジビルダ処理フィルタにより畳み込み処理が行われる。すなわち、この例では、5 個の画素値はそれぞれ 3 0, 3 0, 8 0, 8 5, 8 5 とされ、対応するフィルタ係数は、a, b, c, b, a とされている。a, b, c の値は、それぞれ以下の式で示される。

【0 0 8 9】

$$a = (1 / 4 - \alpha / 2)$$

$$b = 1 / 4$$

$c = \alpha$

【0090】

畳み込み処理の結果は、従って次式で表される。

畳み込み演算値 = $30a + 30b + 80c + 85b + 85a$

【0091】

畳み込み演算値は、5個の画素の中心画素値に対応する一次的なバッファにそのまま格納される。

【0092】

図3に戻って、以上のようにして、ステップS13において1次元垂直エッジビルダ処理が完了した後、ステップS14に進み、高速水平アップサンプリング処理が実行される。この高速水平アップサンプリング処理は、高速水平アップサンプリング処理部14により実行される。高速水平アップサンプリング処理は、図19に示されるように、画素を水平方向に補間する処理である。

【0093】

図20は、高速水平アップサンプリング処理の詳細を表している。ステップS101で高速水平アップサンプリング処理部14は、Vバッファ51（後述する図22）と2Xバッファ61（後述する図25）を作成する。Vバッファ51は、サイズが、 $(\alpha_Z \times \text{In_width}) \times (\alpha_Z \times \text{In_height})$ とされ、2Xバッファ61は、そのサイズが $1 \times (\alpha_Z \times \text{In_height})$ とされる。2Xバッファ61には、仮想水平2倍拡大画像2X_imageのX座標（奇数座標）の一系列のデータが格納される。

【0094】

さらに、ステップS102において、サイズが $\text{In_width} \times (\alpha_Z \times \text{In_height})$ のエネルギーマップが作成される。その後、ステップS103において、ケース1乃至ケース3に対応する処理が実行される。ケース1乃至ケース3のいずれの処理が実行されるかは、次式を演算することにより判断される。

【0095】

$2X_column = X \times 2 / \alpha_Z \quad \dots (10)$

【0096】

上記演算により求められた $2X_column$ の値が整数であり、且つ偶数である場合 ($2X_column=2n$ であり、 n が整数である場合)、ケース1とされ、 $2X_column$ が整数且つ奇数である場合 ($2X_column=2n+1$ であり、 n が整数である場合)、ケース2とされ、 $2X_column$ が実数である場合 (その他の場合)、ケース3とされる。

【0097】

ケース1の場合、図21のフローチャートに示す処理が実行される。このケースは、仮想水平2倍拡大画像 $2X_image$ における $2X_column=2n$ 列が、前もって計算されたHバッファ31の $2X_column/2=n$ 列と対応する場合である。この場合、高速水平アップサンプリング処理部14は、ステップS111において、Hバッファ31の $2X_column/2$ 列をVバッファの列Xにコピーする。

【0098】

図22は、このケース1の処理を概念的に表している。仮想水平2倍拡大画像 $2X_image$ における $2n$ 列が、Vバッファ51の n 列と対応する場合、Hバッファ31の n 列が、Vバッファ51の列Xにコピーされる。

【0099】

図23は、図20のステップS103のケース2のVバッファ51に対する処理のフローチャートを示している。このケースは、Vバッファ51中の列Xの値を、仮想水平2倍拡大画像 $2X_image$ 中の所定の列 ($2n+1$) と対応させることができるが、Hバッファ31中の所定の列の値に対応させることはできない場合である。

【0100】

この場合、ステップS121において、Hバッファ31中の所定の範囲 (N画素) の左列 $left_column$ 、および右列 $right_column$ が抽出される。左列 $left_column$ の中心座標は、 $(n, Y+N/2)$ とされ、右列 $right_column$ の矩形の中心座標は、 $(n+1, Y+N/2)$ とされる。

【0101】

次にステップS122において、局所エネルギー $E(N)$ が、左列 $left_column$ の個々の画素から、対角線上に位置する右列 $right_column$ の画素を減算し、その絶

対値の和を演算することで求められる。すなわち、この処理では次式が演算される。

【0102】

$$E(N) = \sum_{I=0}^{N-1} \text{ABS}(\text{left_column}(I) - \text{right_column}(N-I-1)) \cdots (11)$$

【0103】

得られた局所エネルギーE(N)は、ステップS102で生成された、サイズがIn_width×alpha_Z×In_heightのエネルギーマップの座標 (n, Y+N/2) に格納される。

【0104】

次にステップS124において、エネルギーE(N)が予め設定された閾値Tより大きいか否かが判定される。エネルギーE(N)が閾値Tと等しいか、それより小さい場合、その領域はエッジを含まない平坦な低エネルギー領域と見なされる。この場合、潜在的なエッジの方向を計算する必要がない。このためステップS130に進み、標準的な線形補間処理が行われる。すなわち、次式に示すように、隣接する左列の中心画素left_column(N/2)と、隣接する右列の中心画素right_column(N/2)の平均値から、新しい画素 (X+N/2, Y) の画素値が演算される(標準的な線形補間処理が行われる)。

【0105】

$$V\text{-buffer}(X+N/2, Y) = 0.5 \times (\text{left_column}(N/2) + \text{right_column}(N/2)) \cdots (12)$$

【0106】

ステップS124において、エネルギーE(N)が閾値Tより大きいと判定された場合、その領域は潜在的にエッジを含んでいる高エネルギー領域と見なされる。そこで、この場合、ステップS125に進み、次式にしたがってエッジ方向計算処理が実行される。

【0107】

$$\text{Energy} = \text{ABS}(\text{left_column}(N-x-1) - \text{right_column}(x)) \cdots (13)$$

【0108】

上記演算は、x=N-1からxの値を順次ディクリメントし、xが-1より大

きい間繰り返される。具体的には、図24に示されるように、左列の画素から対角線上の右列の画素を減算する処理が、右列の上側から実行される。

【0109】

計算されたエネルギーのうち、最も小さい値に対応する画素の対角線の方が局所的なエッジの方向と判定される。図24においては、 $N=3$ とされているが、この N の値をより大きい値とすることで、より多くの方向の判定が可能となる。

【0110】

ステップS125でエッジ方向が判定されると、ステップS126において、ステップS125で判定されたエッジ方向の2つの画素の平均値を演算することで、その間の画素が補間される（方向補間処理が実行される）。これにより、標準的な線形補間による画像のボケを防止し、元の画像の鮮明さとコントラストを保存することが可能となる。

【0111】

次に、ステップS127において、構造コレクタ処理が実行される。すなわちVバッファ51中の座標 $(X, Y+N/2)$ に補間された画素と、その垂直方向の近傍画素である座標 $\text{left_column}(N/2)$ の画素、および $\text{right_column}(N/2)$ の画素との関係を解析することで局所構造の整合性をチェックする処理が行われる。このため、次式に従って、補間された画素を左列の中心の画素から減算し、右列の中心画素を補間された画素から減算することで2つの減算結果を得、さらに2つの減算結果を乗算することで、水平方向の変化を表す値 $H(N/2)$ が計算される。

【0112】

$$H(N/2) = (\text{left_line}(N/2) - V\text{-buffer}(X+N/2, Y)) \times (V\text{-buffer}(X+N/2, Y) - \text{right_column}(N/2)) \quad \dots (14)$$

【0113】

ステップS128において、ステップS127で演算された値 $H(N/2)$ に基づき、補間された局所構造に整合性があるか否かが判定される。具体的には、値 $H(N/2)$ が正であるか否かが判定される。値 $H(N/2)$ が正である場合には、ステップS126の方向補間処理で求められた画素は正しい（整合性がある）ものとされ、ス

ステップ S 1 2 9 において、V バッファ 5 1 の列 X に格納される。またこの値は、2 X バッファ 6 1 にも格納される。

【 0 1 1 4 】

ステップ S 1 2 8 において、値 $H(N/2)$ が負であると判定された場合（整合性がない）、すなわち、ステップ S 1 2 6 の方向補間処理で生成された画素値は適切でないと判定された場合、ステップ S 1 3 0 に進み、ステップ S 1 2 4 でエネルギー $E(N)$ が閾値 T より判定された場合と同様に、標準の線形補間処理が行われる。また、その値は、2 X バッファ 6 1 にも格納される。

【 0 1 1 5 】

図 2 5 は、以上のケース 2 の処理を概念的に表したものである。同図に示されるように、V バッファ 5 1 の列 X が、仮想水平 2 倍拡大画像 $2X_image$ 中の所定の列と所定の関係にある場合、H バッファ 3 1 の n 列と、 $n + 1$ 列から方向補間処理により生成されたデータが 2 X バッファ 6 1 に記憶され、それが V バッファ 5 1 の列 X にコピーされる。

【 0 1 1 6 】

次に、図 2 6 のフローチャートを参照して、図 2 0 のステップ S 1 0 3 におけるケース 3 の V バッファに対する処理について説明する。

【 0 1 1 7 】

このケースは、 $2n < 2X_column < 2n+1$ 、または、 $2n-1 < 2X_column < 2n$ のケースの場合、つまり、V バッファ 5 1 中の列 X の値が、仮想水平 2 倍拡大画像 $2X_image$ の列 $2X_column$ のいずれにも対応せず、かつ、H バッファ 3 1 のどの列とも対応しない場合である。

【 0 1 1 8 】

この場合、ステップ S 1 4 1 において、 $2X_column$ の値が $2n$ より大きく、且つ $2n+1$ より小さいか否かが判定される。 $2X_column$ の値が $2n$ より大きく、且つ $2n+1$ より小さい場合、仮想水平 2 倍拡大画像 $2X_image$ の $2n+1$ 列と $2n$ から、V バッファ 5 1 の X 列が生成される。

【 0 1 1 9 】

そこで、この場合、ステップ S 1 4 2 において、高速水平アップサンプリング

処理部 1 5 は、仮想水平 2 倍拡大画像 $2X_image$ の $2n+1$ 列を、隣接する上列 $2n$ 列と、下列 $2n+2$ 列（Hバッファ 3 1 における n 列と $n+1$ 列）を用いて、図 2 3 のケース 2 のフローチャートに示すステップ S 1 2 1 乃至ステップ S 1 3 0 の処理で計算する。ステップ S 1 4 2 で計算された結果は、Vバッファ 5 1 における次の $n+1$ 列の計算に使用する可能性があるので、ステップ S 1 4 3 において、 $2X$ バッファ 6 1 に格納される。

【0 1 2 0】

さらに、ステップ S 1 4 4 において、ステップ S 1 4 2 で計算された $2n+1$ 列（ $2X$ バッファ 6 1 に記憶されている値）と、仮想水平 2 倍拡大画像 $2X_image$ の $2n$ 列（Hバッファ 3 1 の n 列）から、Vバッファ 5 1 の X 列が次式から演算され、Vバッファ 5 1 の列 X に記憶される。

【0 1 2 1】

$$V_buffer(X,Y)=(2X_column-2n) \times 2X_buffer(X)+(2n+1-2X_column) \\ \times I_image(n,Y) \quad \dots (15)$$

【0 1 2 2】

一方、ステップ S 1 4 1 において、 $2X_column$ が $2n$ より大きく、且つ $2n+1$ より小さいと判定されなかった場合（ $2X_column$ が $2n-1$ より大きく、 $2n$ より小さいと判定された場合）、仮想水平 2 倍拡大画像 $2X_image$ の $2n-1$ 列と $2n$ 列から、Vバッファ 5 1 の X 列が生成される。この $2n-1$ 列は、Vバッファ 5 1 中の前列を求める際に計算され、 $2X$ バッファ 6 1 に既に格納されている場合がある。そこでステップ S 1 4 5 において、 $2n-1$ 列が $2X$ バッファ 6 1 に既に格納されているか否かが判定され、格納されている場合には、ステップ S 1 4 8 において、 $2n-1$ 列が $2X$ バッファ 6 1 から取り出される。

【0 1 2 3】

これに対して、ステップ S 1 4 5 において、 $2n-1$ 列のデータが $2X$ バッファ 6 1 にまだ格納されていないと判定された場合、ステップ S 1 4 6 に進み、仮想水平 2 倍拡大画像 $2X_image$ の $2n-1$ 列を、上列 $2n-2$ 列と下列 $2n$ 列（Hバッファ 3 1 の $n-1$ 列と n 列）を用い、図 2 3 のケース 2 のフローチャートのステップ S 1 2 1 乃至ステップ S 1 3 0 の処理により計算する処理が実行される。ステップ S 1 4

6で計算された $2n-1$ 列の値は、ステップS147において、Vバッファ51における次の $X+1$ 列の計算に使用する可能性があるので、2Xバッファ61に格納される。

【0124】

ステップS147、またはステップS148の処理の後、ステップS149に進み、得られた $2n-1$ 列と、仮想水平2倍拡大画像 $2X_image$ の $2n$ 列（Hバッファ31の n 列）からVバッファ51の X 列が次式に従って補間される。

【0125】

$$V_buffer(X,Y) = (2n - 2X_column) \times 2X_buffer(Y) + (2X_column - (2n-1)) \times I_image(n,Y) \quad \dots (16)$$

【0126】

この処理は、 $Y=0$ から $In_height \times \alpha_Z$ より小さい値である期間、 Y の値をインクリメントしつつ行われる。

【0127】

Vバッファ51の個々の未知の列の各画素を求めるため、 $(-1 < Y < \alpha_Z \times In_height - N + 1)$ と、 $(-1 < Y < \alpha_Z \times In_width - 1)$ の条件を満たす座標 $(X, Y+N/2)$ で、同様の処理が繰り返し実行される。

【0128】

このように、ケース3の処理においては、仮想水平2倍拡大画像 $2X_image$ 中の $2n$ 列と $2n+1$ 列、または $2n-1$ 列と $2n$ 列を用いて、重み付け補間が実行される。

【0129】

以上の図26のケース3に示す処理を模式的に表すと、図27に示すようになる。Vバッファ51中の列 X の値が、仮想水平2倍拡大画像 $2X_image$ の列と所定の関係にある場合、原画像 I_image の n 列と、 $n+1$ 列から方向補間処理により $2n+1$ 列、または $2n-1$ 列のデータが生成され、2Xバッファ61に記憶される。そして、2Xバッファ61に記憶された値と、仮想水平2倍拡大画像 $2X_image$ の $2n$ 列のデータから、Vバッファ51の X 列のデータが重み付け補間される。

【0130】

図3に戻って、以上のようにして、ステップS14で高速水平アップサンプリ

ング処理が行われた後、ステップS15に進み、1次元水平エッジビルダ処理が実行される。

【0131】

次に、図28のフローチャートを参照して、この1次元水平エッジビルダ処理の詳細について説明する。この処理は、1次元水平エッジビルダ処理部18により実行される。

【0132】

最初にステップS161において、画素(X, Y)が($1 < X < 2 \times \text{In_width} - 3$) および、($1 < Y < 2 \times \text{In_height} - 3$) の条件を満足しているとき、画素(X, Y)を中心とした5個の画素が1組として、Vバッファ51のY行から抽出される。次に、ステップS162において、5個の画素の中心の画素のエネルギーE(X/2, Y)の値が、予め設定されている所定の閾値Tより大きいかなが判定される。このエネルギーE(X/2, Y)は、図23のステップS122の処理で計算され、ステップS123の処理でエネルギーマップに格納されている。

【0133】

ステップS162において、エネルギーE(X/2, Y)の値が閾値Tより大きいと判定された場合、ステップS163に進み、1次元水平エッジビルダ処理フィルタにより畳み込み処理が行われる。畳み込み処理された結果は、ステップS164において、バッファに格納される。

【0134】

ステップS162において、エネルギーE(X/2, Y)の値が、閾値Tと等しいか、それより小さいと判定された場合、ステップS163の処理はスキップされ、ステップS161で抽出された5個の画素がそのままバッファに格納される。

【0135】

図29は、図28の1次元水平エッジビルダ処理の具体例を表している。Y行の5画素のエネルギーE(X/2, Y)が閾値Tより大きい場合、1次元水平ビルディングフィルタにより畳み込み処理が行われる。この例の場合、5画素の値はそれぞれ30, 30, 80, 85, 85とされ、対応する係数は、それぞれa, b, c

, b , a とされる。その結果、畳み込み処理結果は、次式で表される。

【0136】

$$\text{畳み込み処理結果} = 30a + 30b + 80c + 85b + 85a$$

なお、この例では、 a , b , c はそれぞれ次の値とされている。

【0137】

$$a = 1/4 - \alpha/2$$

$$b = 1/4$$

$$c = \alpha$$

【0138】

以上のようにして、ステップS11において、設定されているモードが、画像モードであると判定された場合、ステップS12乃至ステップS15の処理が行われるのであるが、ステップS11において、設定されているモードが画像モードではないと判定された場合（コンピュータのアイコンやワードプロセッサのフォントなどの弱接続の画像が処理される場合）、ステップS12乃至ステップS15の処理が行われる前に、ステップS16において、エッジコネクタ処理が実行される。図30と図31は、このエッジコネクタ処理の詳細を表している。このエッジコネクタ処理は、エッジコネクタ処理部11により実行される。

【0139】

最初にステップS181において、所定の画素（ X , Y ）に対応して、 2×2 個の画素が切り出される。そしてステップS182とステップS183において、それぞれ右対角エネルギーと、左対角エネルギーが計算される。右対角エネルギーは、 2×2 個の画素のうち、右上の画素から左下の画素を減算することで求められ、左対角エネルギーは、左上画素から右下画素を減算することで求められる。例えば、画素（ X , Y ）を図32（A）における画素（ピクセル）0とした場合、右対角エネルギーは、図32（A）に示されるように、ピクセル1からピクセル2の値を減算することで求められ、左対角エネルギーは、図32（B）に示されるように、ピクセル0からピクセル3の値を減算することにより求められる。

【0140】

次に、ステップ S 1 8 4 において、左対角線上の画素値は、右対角線上の画素値より小さいか否かが判定される。図 3 2 の例の場合、ピクセル 0 とピクセル 3 の画素値が、ピクセル 1 とピクセル 2 の画素値より小さいか否かが判定される。

【 0 1 4 1 】

ステップ S 1 8 4 において、左対角線上の画素値が右対角線上の画素値より小さいと判定された場合、ステップ S 1 8 5 に進み、ステップ S 1 8 3 で演算された左対角エネルギーは、予め設定されている所定の閾値より小さいか否かが判定される。左対角エネルギーが閾値より小さい場合、ステップ S 1 8 6 に進み、画素（ピクセル） 2 は、画素（ピクセル） 1 より小さいか否かが判定される。画素 2 が画素 1 より小さい場合には、ステップ S 1 8 7 において、画素 1 を、画素 0 と画素 3 の平均値とする処理が実行される。ステップ S 1 8 6 において、画素 2 が画素 1 より小さくない（等しいか大きいと判定された場合）、ステップ S 1 8 8 に進み、画素 2 を、画素 0 と画素 3 の平均値とする処理が実行される。

【 0 1 4 2 】

図 3 3 （A）は、ステップ S 1 8 7 の処理の結果、画素 1 の値が画素 0 と画素 3 の平均値とされた場合を表している。

【 0 1 4 3 】

ステップ S 1 8 5 において、左対角エネルギーが閾値と等しいか閾値より大きいと判定された場合、ステップ S 1 8 6 乃至ステップ S 1 8 8 の処理はスキップされる。

【 0 1 4 4 】

ステップ S 1 8 4 において、左対角線上の画素値が右対角線上の画素値より小さくないと判定された場合（等しいかより大きいと判定された場合）、ステップ S 1 8 9 に進み、ステップ S 1 8 2 で演算された右対角エネルギーが、予め設定されている所定の閾値より小さいか否かが判定される。右対角エネルギーが閾値より小さい場合には、ステップ S 1 9 0 に進み、画素 3 は、画素 0 より小さいか否かが判定される。画素 3 が画素 0 より小さい場合には、ステップ S 1 9 1 において、画素 0 を、画素 1 と画素 2 の平均値とする処理が行われる。ステップ S 1 9 0 において、画素 3 が画素 0 より小さくない（等しいかより大きい）と判定さ

れた場合、ステップS192に進み、画素3を、画素1と画素2の平均値とする処理が実行される。

【0145】

図33(B)は、ステップS192における処理により、画素3が、画素1と画素2の平均値とされた場合の例を示している。

【0146】

ステップS189において、右対角エネルギーが閾値より小さくないと判定された場合、ステップS190乃至ステップS192の処理はスキップされる。

【0147】

アイコンやフォントなどの弱接続を有するエッジを、以上のエッジコネクタ処理により厚くすることで、エッジ構造を強くすることができる。これにより、図32に示されるように、エッジが局所的に、たった2つの対角線上にしか存在しない弱接続が存在する場合に、図8のステップS45におけるエッジ方向計算処理、或いは、図23におけるステップS125のエッジ方向計算処理などにより、エッジ方向を認識する際、極端な誤解を引き起こしてしまい、結果的にエッジの連続性を破壊してしまうようなことが抑制される。

【0148】

次に、図2のステップS8のズーム処理について説明する。このズーム処理の詳細は、図34のフローチャートに示されている。図34におけるステップS211乃至ステップS215の処理は、図3の高速ズーム処理におけるステップS11乃至ステップS15の処理と基本的に同様の処理となっている。

【0149】

図34のステップS216におけるエッジコネクタ処理、ステップS213における1次元垂直エッジビルダ処理、およびステップS215における1次元水平エッジビルダ処理は、それぞれ、図3のステップS16のエッジコネクタ処理、ステップS13の1次元垂直エッジビルダ処理、およびステップS15の1次元水平エッジビルダ処理と同様の処理であるので、その説明は省略する。以下においては、ステップS212における垂直アップサンプリング処理と、ステップS214における水平アップサンプリング処理についてのみ説明する。

【0150】

最初に図35のフローチャートを参照して、ステップS212における垂直アップサンプリング処理について説明する。この処理は、垂直アップサンプリング処理部13により実行される。

【0151】

最初にステップS231において、Hバッファ31が作成される。そのサイズは、 $In_width \times (2 \times In_height)$ とされる。また、このとき、Hバッファ31と同じサイズのエネルギーマップも作成される。次に、ステップS232において、図36に示されるように、原画像I_imageのY行をHバッファ31の行2Yにコピーする処理が行われる。Hバッファ31の最後の行には、原画像I_imageの最後の行がコピーされる。

【0152】

次に、ステップS233において、原画像I_image中の上行up_lineと下行down_lineのN画素を抽出する処理が実行される。上行up_lineの中心座標は、 $(X+N/2, n)$ となり、下行down_lineの中心座標は、 $(X+N/2, n+1)$ となる。

【0153】

次にステップS234において、局所エネルギーE(N)が次式より計算される。

$$E(N) = \sum_{I=0}^{N-1} ABS(up_line(I) - down_line(N-I-1)) \quad \dots (17)$$

【0154】

上記(17)式の計算は、up_lineの個々の画素から対角線上に位置するdown_lineの画素を減算し、その絶対値の和を積算することを意味する。

【0155】

ステップS235において、垂直アップサンプリング処理部13は、ステップS234で計算された局所エネルギーE(N)を、ステップS231で生成されたエネルギーマップの座標 $(X+N/2, n)$ に格納する。この局所エネルギーは、後述するステップS213の1次元垂直エッジビルダ処理で用いられる。

【0156】

次に、ステップS236において、高速垂直アップサンプリング処理部13は局所エネルギーE(N)が予め設定されている所定の閾値Tより大きいかな否かを判定

する。局所エネルギー $E(N)$ が閾値 T と等しいか、それより小さい場合、その領域は、エッジを含まない平坦な低エネルギーの領域と見なされる。この場合、潜在的エッジの方向を計算する必要がない。このため、ステップ $S242$ に進み、垂直アップサンプリング処理部 13 は、 H バッファ 31 中の座標 $(X+N/2, Y)$ の画素データとして、隣接する上行中心画素 $ab_line(N/2)$ と、隣接する下行中心画素 $down_line(N/2)$ の平均値を演算し、 H バッファ 31 のその座標 $(X+N/2, Y)$ に格納する。すなわち、ステップ $S242$ においては、次の式に基づいて、標準的な線形補間処理が行われる。

【0157】

$$H_buffer(X+N/2, Y) = 0.5 \times (up_line(N/2) + down_line(N/2)) \quad \dots (18)$$

【0158】

ステップ $S236$ において、局所エネルギー $E(N)$ の値が閾値 T より大きいと判定された場合、その領域は、潜在的エッジを含んだ高エネルギー領域と見なされる。このとき、ステップ $S237$ において、エッジ方向を試験的に計算する処理が実行される。具体的には、以下に示す演算が、 $x=N-1$ から -1 より大きくなるまで行われる。

【0159】

$$Energy = ABS(up_line(N-x-1) - down_line(x)) \quad \dots (19)$$

【0160】

上記(19)式で計算されたエネルギーの値のうち、最も小さいものが選択され、その2つの画素が対応する対角線の方法が局所的なエッジの方法と見なされる。

【0161】

ステップ $S237$ の処理で、エッジ方法が検出された場合、さらにステップ $S238$ において、その検出されたエッジ方法の画素を用いて、補間処理が行われる(方法補間処理が行われる)。この方法補間処理は、エッジ方法に対応する2つの画素の画素値に基づいて、その間に位置する画素の画素値を補間することを意味する。

【0162】

これにより、全ての場合において、上行中心画素と下行中心画素の平均値を新たな画素の画素値とする標準的な線形補間処理（ステップ S 2 4 2 の処理）に較べ、元の画像の鮮明さとコントラストを保存し、画像のボケを抑制することが可能となる。

【 0 1 6 3 】

次に、ステップ S 2 3 9 に進み、垂直アップサンプリング処理部 1 3 は、構造コレクタ処理を実行する。この構造コレクタ処理は、座標 $(X+N/2, Y)$ に補間された画素と、その垂直の近傍画素、すなわち座標 $up_line(N/2)$ と、座標 $down_line(N/2)$ との関係を解析することで、更新された局所構造（ステップ S 2 3 8 の方向補間処理で生成された画素とその上下の画素）の整合性をチェックする処理である。

【 0 1 6 4 】

すなわち、この構造コレクタ処理では、上行の中心画素から更新された画素を減算する処理が行われ、さらに、更新された画素から下行の中心画素を減算する処理が行われる。さらに、以上のようにして得られた 2 つの減算結果を乗算することで、垂直方向の変化を表す値 $V(N/2)$ が計算される。すなわち、ステップ S 2 3 9 においては、次の式で示す演算が行われる。

【 0 1 6 5 】

$$V(N/2) = (up_line(N/2) - H_buffer(X+N/2, Y)) \times (H_buffer(X+N/2, Y) - down_line(N/2)) \quad \dots (20)$$

【 0 1 6 6 】

次に、ステップ S 2 4 0 において、垂直アップサンプリング処理部 1 3 は、ステップ S 2 3 9 での演算結果に基づいて、更新された局所構造の整合性があるか否かを判定する。この判定は、上記式 (20) で演算された値 $V(N/2)$ が正であるか否かに基づいて行われる。値 $V(N/2)$ が正である場合には、整合性があると見なされ、ステップ S 2 4 1 において、ステップ S 2 3 8 の方向補間処理で生成された画素が H バッファ 3 1 の行 Y に格納される。

【 0 1 6 7 】

これに対して、ステップ S 2 4 0 において、値 $V(N/2)$ が負であると判定された

場合、整合性はないと見なされる。すなわち、局所方向の識別が誤っており、ステップS238で生成された画素値は、適切でないと判断される。この場合、局所エッジの方向は、識別不可能と見なされ、ステップS242に進み、ステップS236において、局所エネルギー $E(N)$ の値が閾値 T より小さいと判定された場合と同様に、式(18)を用いた標準的な線形補間処理が行われる。すなわち、上行中心画素 $up_line(N/2)$ と、下行中心画素 $down_line(N/2)$ との平均値が、その間のHバッファ31の新しい画素 $(X+N/2, Y)$ の画素値とされる。

【0168】

図37は、図34のステップS214における水平アップサンプリング処理の詳細を表している。この処理は、水平アップサンプリング処理部15により実行される。

【0169】

最初にステップS261において、Vバッファ51が作成される。そのサイズは、 $2 \times In_width \times 2 \times In_height$ とされる。このとき、同じサイズのエネルギーマップが作成される。このとき、同じサイズのエネルギーマップが作成される。ステップS262において、Hバッファ31のX列をVバッファ51の2X列にコピーする処理が実行される。Xの値は-1より大きく、 In_width より小さい値とされる。

【0170】

ステップS263において、Hバッファ31中の左列 $left_column$ 、および右列 $right_column$ が抽出される。左列 $left_column$ の中心座標は、 $(n, Y+N/2)$ とされ、右列 $right_column$ の矩形の中心座標は、 $(n+1, Y+N/2)$ とされる。

【0171】

次にステップS264において、局所エネルギー $E(N)$ が、左列 $left_column$ の個々の画素から、対角線上に位置する右列 $right_column$ の画素を減算し、その絶対値の和を演算することで求められる。すなわち、この処理では次式が演算される。

【0172】

$$E(N) = \sum_{I=0, N-1} ABS(left_column(I) - right_column(N-i-1)) \quad \dots (21)$$

【0173】

得られた局所エネルギー $E(N)$ は、ステップS261で生成された、サイズが、 $2 \times \text{In_width} \times \text{In_height}$ のエネルギーマップの座標 $(n, Y+N/2)$ に格納される。

【0174】

次にステップS266において、エネルギー $E(N)$ が予め設定された閾値 T より大きいかが判定される。エネルギー $E(N)$ が閾値 T と等しいか、それより小さい場合、その領域はエッジを含まない平坦な低エネルギー領域と見なされる。この場合、潜在的なエッジの方向を計算する必要がない。このためステップS272に進み、標準的な線形補間処理が行われる。すなわち、次式に示すように、隣接する左列の中心画素 $\text{left_column}(N/2)$ と、隣接する右列の中心画素 $\text{right_column}(N/2)$ の平均値から、新しい画素 $(X+N/2, Y)$ の画素値が演算される。

【0175】

$$V\text{-buffer}(X+N/2, Y) = 0.5 \times (\text{left_column}(N/2) + \text{right_column}(N/2)) \quad \dots (22)$$

【0176】

ステップS266において、エネルギー $E(N)$ が閾値 T より大きいと判定された場合、その領域は潜在的にエッジを含んでいる高エネルギー領域と見なされる。そこで、この場合、ステップS267に進み、次式にしたがってエッジ方向計算処理が実行される。

【0177】

$$\text{Energy} = \text{ABS}(\text{left_column}(N-x-1) - \text{right_column}(x)) \quad \dots (23)$$

【0178】

上記演算は、 $x = N-1$ から x の値を順次デクリメントし、 x が -1 より大きい間繰り返される。

【0179】

計算されたエネルギーのうち、最も小さい値に対応する画素の対角線の方が局所的なエッジの方向と判定される。

【0180】

ステップ S 2 6 7 でエッジ方向が判定されると、ステップ S 2 6 8 において、ステップ S 2 6 7 で判定されたエッジ方向の 2 つの画素の平均値を演算することで、その間の画素が補間される（方向補間処理が実行される）。これにより、標準的な線形補間による画像のボケを防止し、元の画像の鮮明さとコントラストを保存することが可能となる。

【 0 1 8 1 】

次に、ステップ S 2 6 9 において、構造コレクタ処理が実行される。すなわち、V バッファ 5 1 中の座標 $(X, Y+N/2)$ に補間された画素と、その垂直方向の近傍画素である座標 $\text{left_column}(N/2)$ の画素、および $\text{right_column}(N/2)$ の画素との関係を解析することで局所構造の整合性をチェックする処理が行われる。このため、次式に従って、補間された画素を左列の中心の画素から減算し、右列の中心画素を補間された画素から減算することで 2 つの減算結果を得、さらに 2 つの減算結果を乗算することで、水平方向の変化を表す値 $H(N/2)$ が計算される。

【 0 1 8 2 】

$$H(N/2) = (\text{left_line}(N/2) - V\text{-buffer}(X+N/2, Y)) \times (V\text{-buffer}(X+N/2, Y) - \text{right_column}(N/2)) \quad \dots (24)$$

【 0 1 8 3 】

ステップ S 2 7 0 において、ステップ S 2 6 9 で演算された値 $H(N/2)$ に基づき、補間された局所構造に整合性があるか否かが判定される。具体的には、値 $H(N/2)$ が正であるか否かが判定される。値 $H(N/2)$ が正である場合には、ステップ S 2 6 8 の方向補間処理で求められた画素は正しい（整合性がある）ものとされ、ステップ S 2 7 1 において、V バッファ 5 1 の行 X に格納される。

【 0 1 8 4 】

ステップ S 2 7 0 において、値 $H(N/2)$ が負である場合（整合性がない、すなわち、ステップ S 2 6 8 の方向補間処理で生成された画素値は適切でないと判定された場合）、ステップ S 2 7 2 に進み、ステップ S 2 6 6 でエネルギー $E(N)$ が閾値 T より判定された場合と同様に、標準の線形補間処理が行われる。

【 0 1 8 5 】

図 3 8 は、以上の図 3 7 おける水平アップサンプリング処理の概念を表してい

る。同図に示されるように、Hバッファ31のX列のデータが、Vバッファ51の2X列にコピーされる。そして、その間の列のデータが補間される。

【0186】

以上のようにして、画像の解像度を任意の倍率で変更することができる。この場合、例えば、画像を6倍に拡大するとき、ズーム処理を2回繰り返し、4倍の画像を得た後、3/2倍の高速ズーム処理を行うこともできるし、ズーム処理を3回繰り返し、8倍の画像を得た後、3/4倍の線形縮小処理を行うこともできる。

【0187】

また、ズーム処理または高速ズーム処理において、画像を垂直方向に拡大した後、垂直（1次元）エッジビルダ処理を行い、さらに水平方向に拡大した後、水平（1次元）エッジビルダ処理を行うようにしたが、画像を垂直方向と水平方向に拡大した後、2次元エッジビルダ処理を行うようにしてもよい。

【0188】

図39は、図1に示した機能ブロックを有する画像処理装置10のハードウェアの構成例を表している。CPU (Central Processing Unit) 111は、ROM (Read Only Memory) 112に記憶されているプログラム、または記憶部118からRAM (Random Access Memory) 113にロードされたプログラムに従って各種の処理を実行する。RAM 113にはまた、CPU 111が各種の処理を実行する上において必要なデータなども適宜記憶される。

【0189】

CPU 111、ROM 112、およびRAM 113は、バス114を介して相互に接続されている。このバス114にはまた、入出力インタフェース115も接続されている。

【0190】

入出力インタフェース115には、キーボード、マウスなどよりなる入力部116、CRT、LCDなどよりなるディスプレイ、並びにスピーカなどよりなる出力部117、ハードディスクなどより構成される記憶部118、モデム、ターミナルアダプタなどより構成される通信部119が接続されている。通信部119は、

インターネットなどに代表されるネットワークを介しての通信処理を行う。

【0191】

入出力インタフェース115にはまた、必要に応じてドライブ120が接続され、磁気ディスク131、光ディスク132、光磁気ディスク133、或いは半導体メモリ134などが適宜装着され、それらから読み出されたコンピュータプログラムが、必要に応じて記憶部118にインストールされる。

【0192】

上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウェアにより実行させることもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどに、ネットワークや記録媒体からインストールされる。

【0193】

この記録媒体は、図39に示す装置では、コンピュータとは別に、ユーザにプログラムを提供するために配布される、プログラムが記録されている磁気ディスク131（フロッピーディスクを含む）、光ディスク132（CD-ROM(Compact Disk-Read Only Memory),DVD(Digital Versatile Disk)を含む）、光磁気ディスク133（MD(Mini-Disk)を含む）、もしくは半導体メモリ134などよりなるパッケージメディアにより構成されるだけでなく、装置に予め組み込まれた状態でユーザに提供される、プログラムが記録されているROM112や、記憶部118に含まれるハードディスクなどで構成される。

【0194】

なお、本明細書において、記録媒体に記録されるプログラムを記述するステップは、記載された順序に沿って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

【0195】

また、本明細書において、システムとは、複数の装置により構成される装置全

体を表すものである。

【 0 1 9 6 】

【発明の効果】

以上の如く、本発明の画像処理装置および方法、並びに記録媒体のプログラムによれば、局所的なエネルギーに基づいて、エッジの方向を検出し、エッジの方向に基づいて、画素を補間するようにしたので、少ない計算処理で、効果的且つ簡単に画像の解像度を変更することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用した画像処理装置の構成例を示すブロック図である。

【図 2】

図 1 の画像処理装置のズーム処理を説明するフローチャートである。

【図 3】

図 2 のステップ S 4 における高速ズーム処理を説明するフローチャートである。

【図 4】

高速垂直アップサンプリング処理を説明する図である。

【図 5】

図 3 のステップ S 1 2 における高速垂直アップサンプリング処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 6】

図 5 のステップ S 2 3 におけるケース 1 の処理を説明するフローチャートである。

【図 7】

図 6 のケース 1 の処理を説明する図である。

【図 8】

図 5 のステップ S 2 3 におけるケース 2 の処理を説明するフローチャートである。

【図 9】

図 8 のステップ S 4 2 における局所エネルギーの計算を説明する図である。

【図 1 0】

図 8 のステップ S 4 5 におけるエッジ方向計算処理を説明する図である。

【図 1 1】

図 8 のステップ S 4 5 におけるエッジ方向計算処理を説明する図である。

【図 1 2】

図 8 のケース 2 の処理を説明する図である。

【図 1 3】

図 8 のケース 2 の処理を説明する図である。

【図 1 4】

図 5 のステップ S 2 3 におけるケース 3 の処理を説明するフローチャートである。

【図 1 5】

図 1 4 におけるケース 3 の処理を説明する図である。

【図 1 6】

エッジビルダの 2 次元フィルタ係数を説明する図である。

【図 1 7】

図 3 のステップ S 1 3 における 1 次元垂直エッジビルダ処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 1 8】

図 1 7 のステップ S 8 3 における畳み込み処理を説明する図である。

【図 1 9】

図 3 のステップ S 1 4 における高速水平アップサンプリングを説明する図である。

【図 2 0】

図 3 のステップ S 1 4 における高速水平アップサンプリング処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 2 1】

図 2 0 のステップ S 1 0 3 におけるケース 1 の処理を説明するフローチャート

である。

【図 2 2】

図 2 1 のケース 1 の処理を説明する図である。

【図 2 3】

図 2 0 のステップ S 1 0 3 におけるケース 2 の処理を説明するフローチャートである。

【図 2 4】

図 2 3 のケース 2 の処理を説明する図である。

【図 2 5】

図 2 3 のケース 2 の処理を説明する図である。

【図 2 6】

図 2 0 のステップ S 1 0 3 におけるケース 3 の処理を説明するフローチャートである。

【図 2 7】

図 2 6 のケース 3 の処理を説明する図である。

【図 2 8】

図 3 のステップ S 1 5 における 1 次元水平エッジビルダ処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 2 9】

図 2 8 のステップ S 1 6 3 における畳み込み処理を説明する図である。

【図 3 0】

図 3 のステップ S 1 6 におけるエッジコネクタ処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 3 1】

図 3 のステップ S 1 6 におけるエッジコネクタ処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 3 2】

図 3 0 のステップ S 1 8 2 とステップ S 1 8 3 における右対角エネルギーと左対角エネルギーを説明する図である。

【図 33】

図 30 のステップ S187 と図 31 のステップ S192 における処理を説明する図である。

【図 34】

図 2 のステップ S8 におけるズーム処理を説明するフローチャートである。

【図 35】

図 34 におけるステップ S212 の垂直アップサンプリング処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図 36】

図 35 の垂直アップサンプリング処理を説明する図である。

【図 37】

図 34 のステップ S214 における水平アップサンプリング処理を説明するフローチャートである。

【図 38】

図 37 の水平アップサンプリング処理を説明する図である。

【図 39】

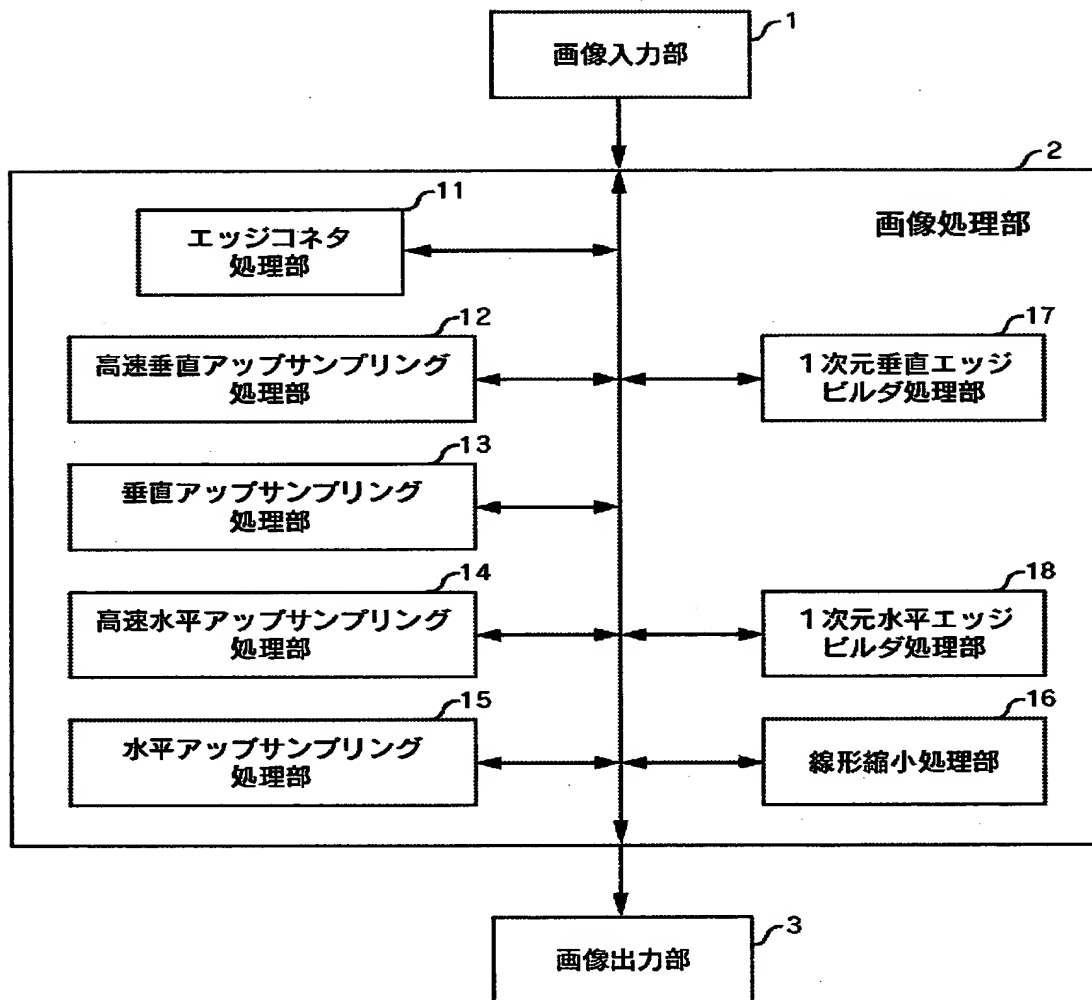
図 1 の画像処理装置のハードウェアの構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

1 画像入力部, 2 画像処理部, 3 画像出力部, 10 画像処理装置,
11 エッジコネクタ処理部, 12 高速垂直アップサンプリング処理部,
13 垂直アップサンプリング処理部, 14 高速水平アップサンプリング処理部,
15 水平アップサンプリング処理部, 16 線形縮小処理部,
17 1次元垂直エッジビルダ処理部, 18 1次元水平エッジビルダ処理部

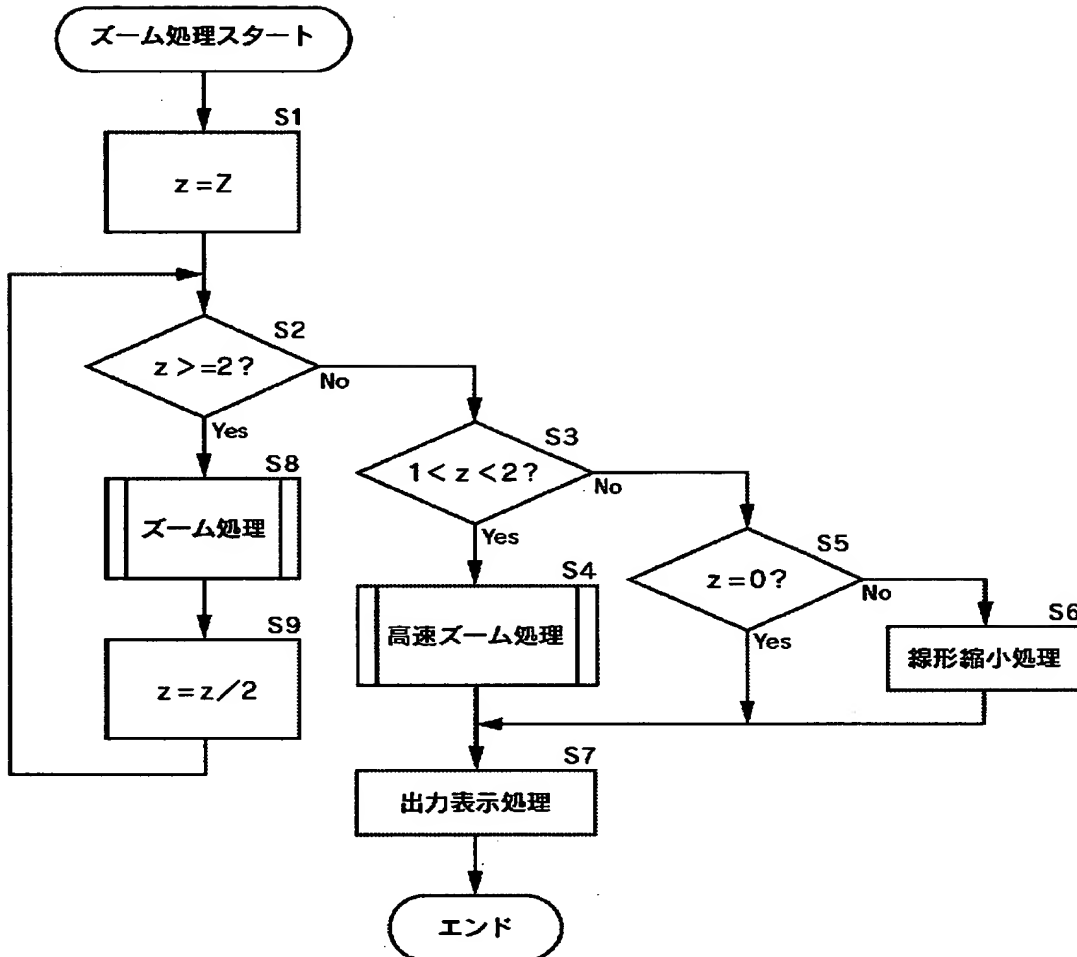
【書類名】 図面

【図 1】

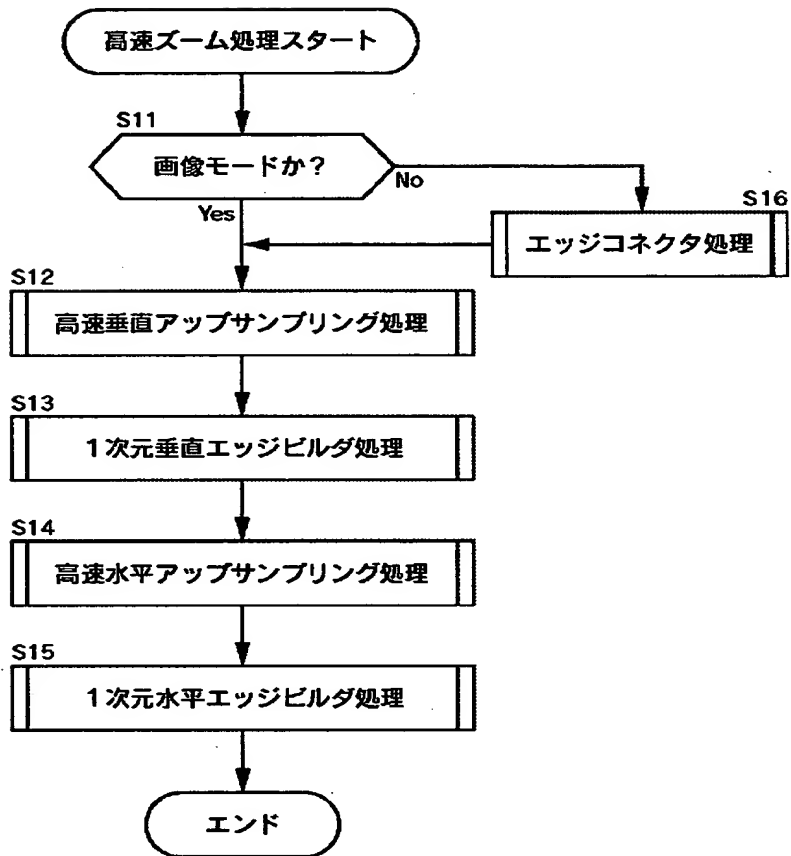


画像処理装置 10

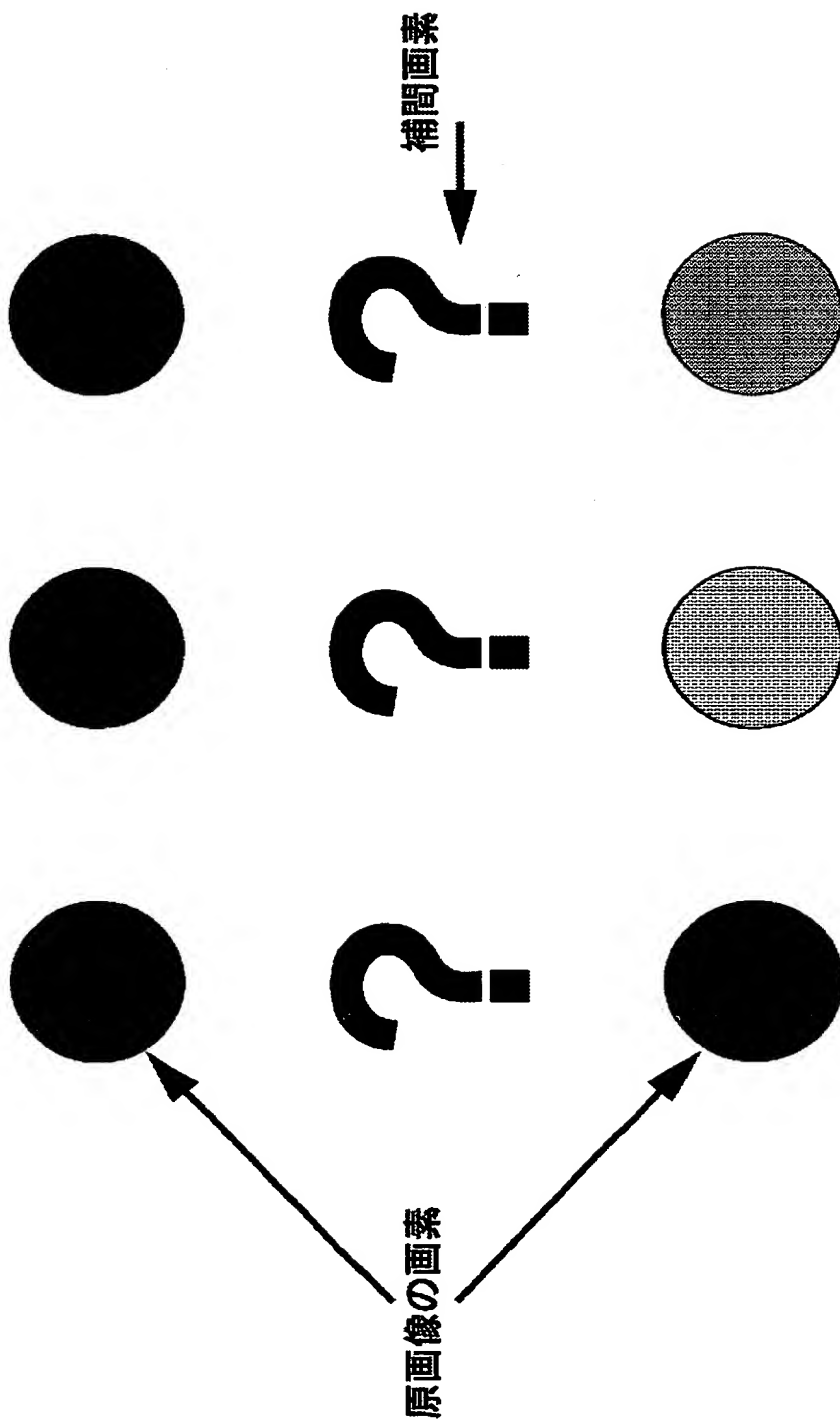
【図 2】



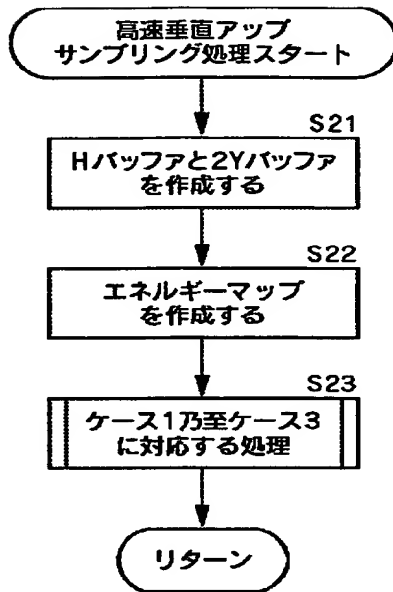
【図 3】



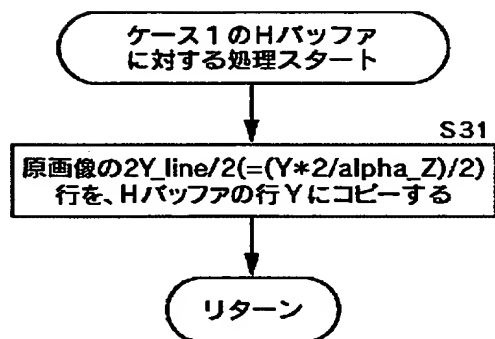
【図4】



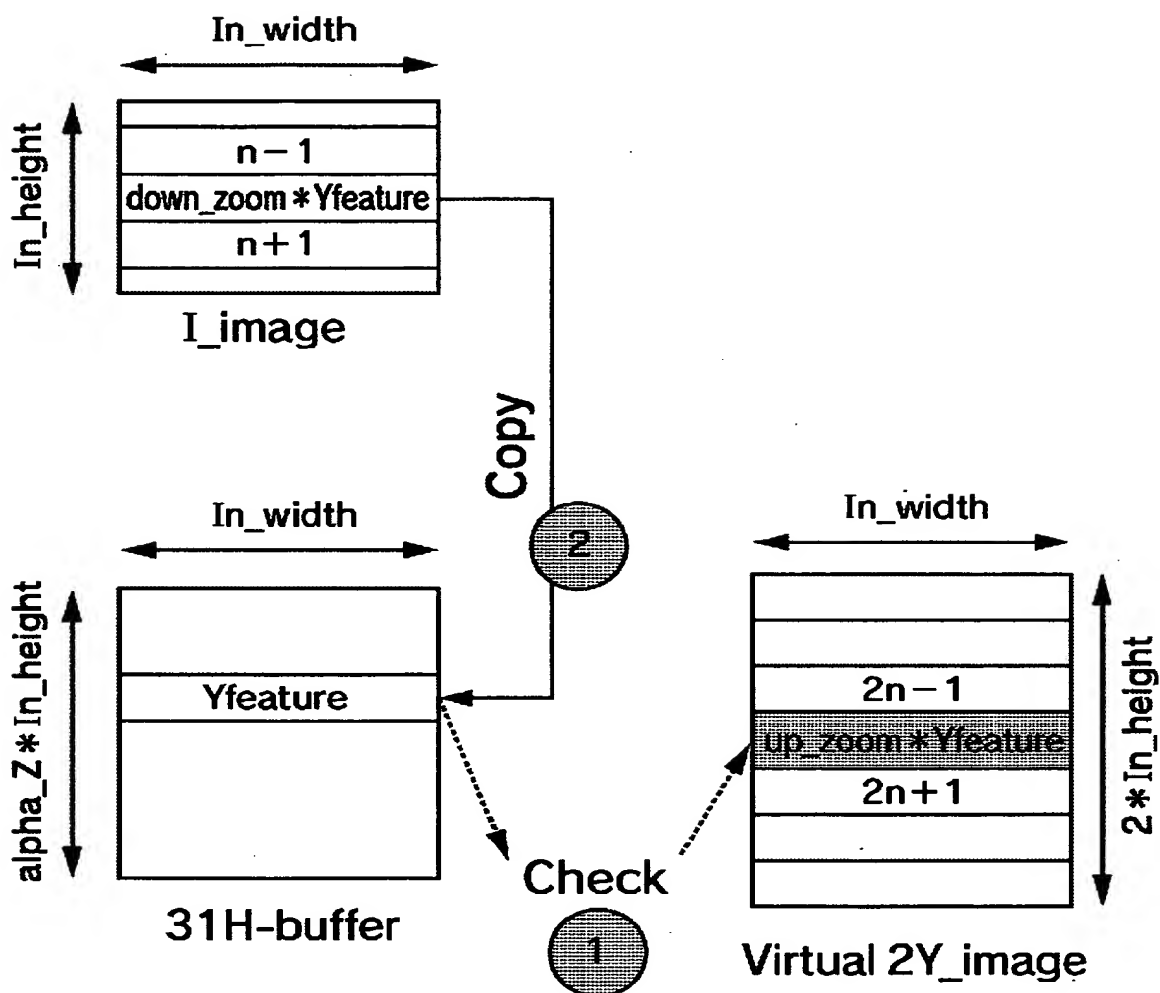
【図 5】



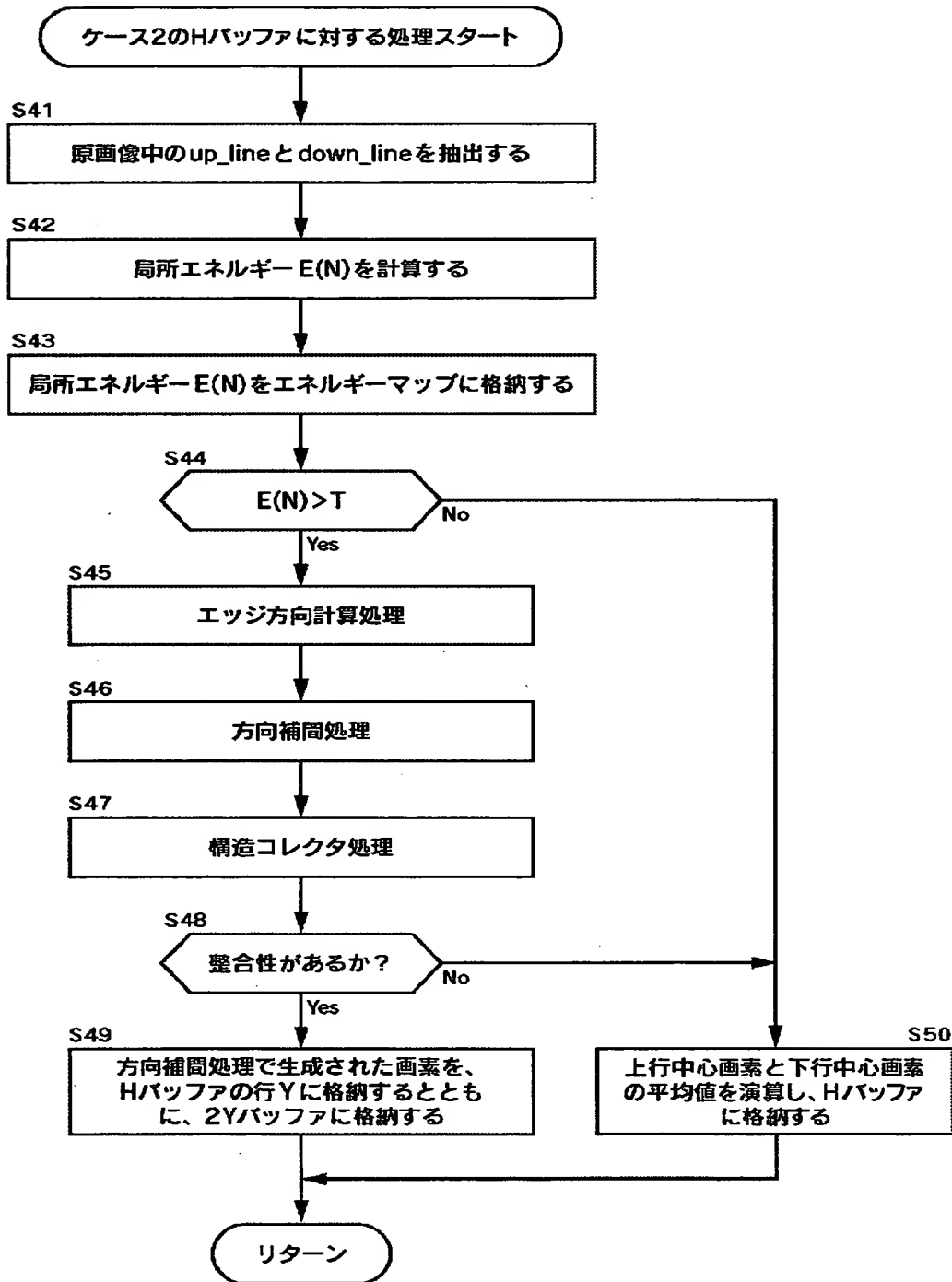
【図 6】



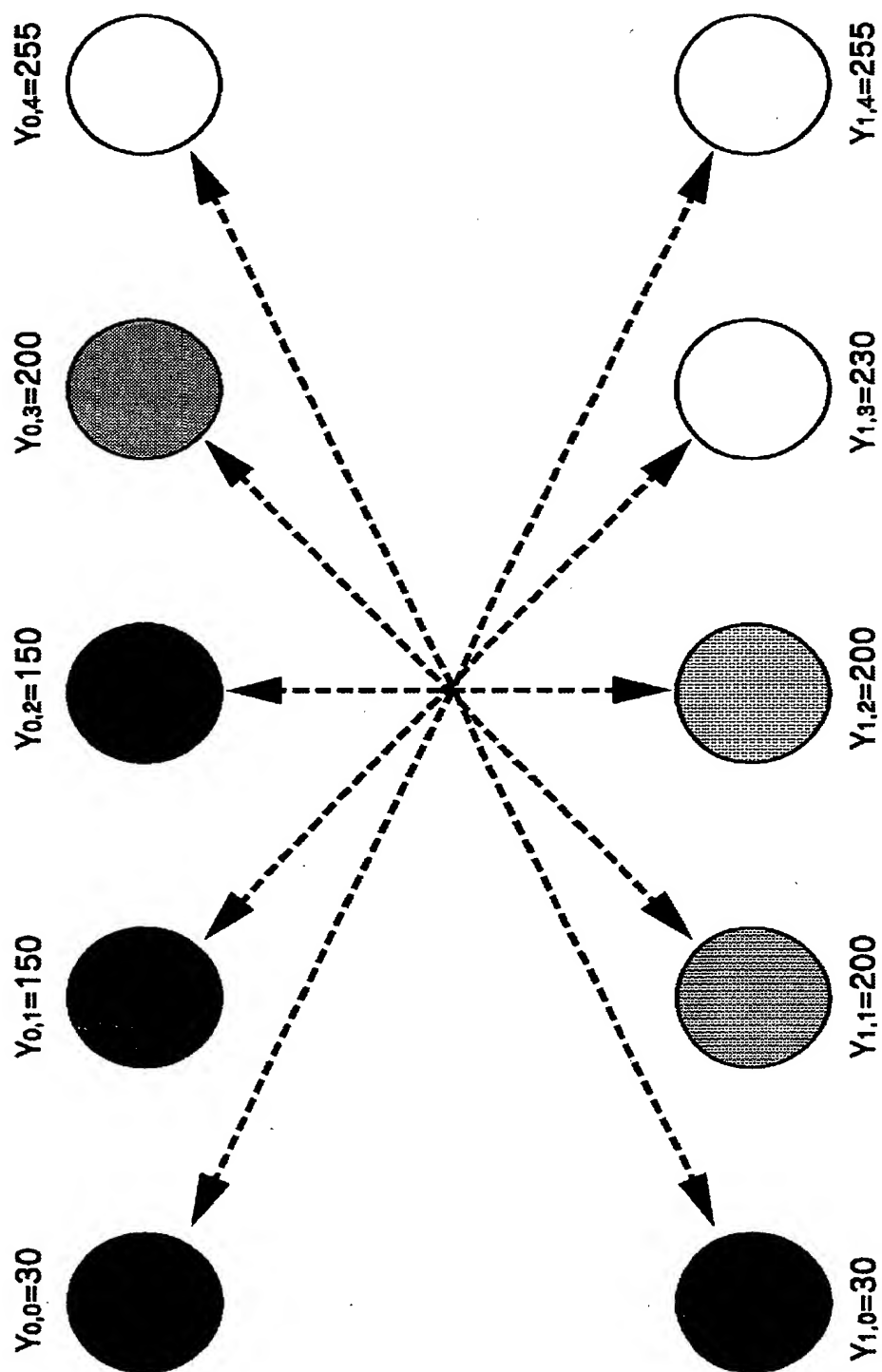
【図 7】



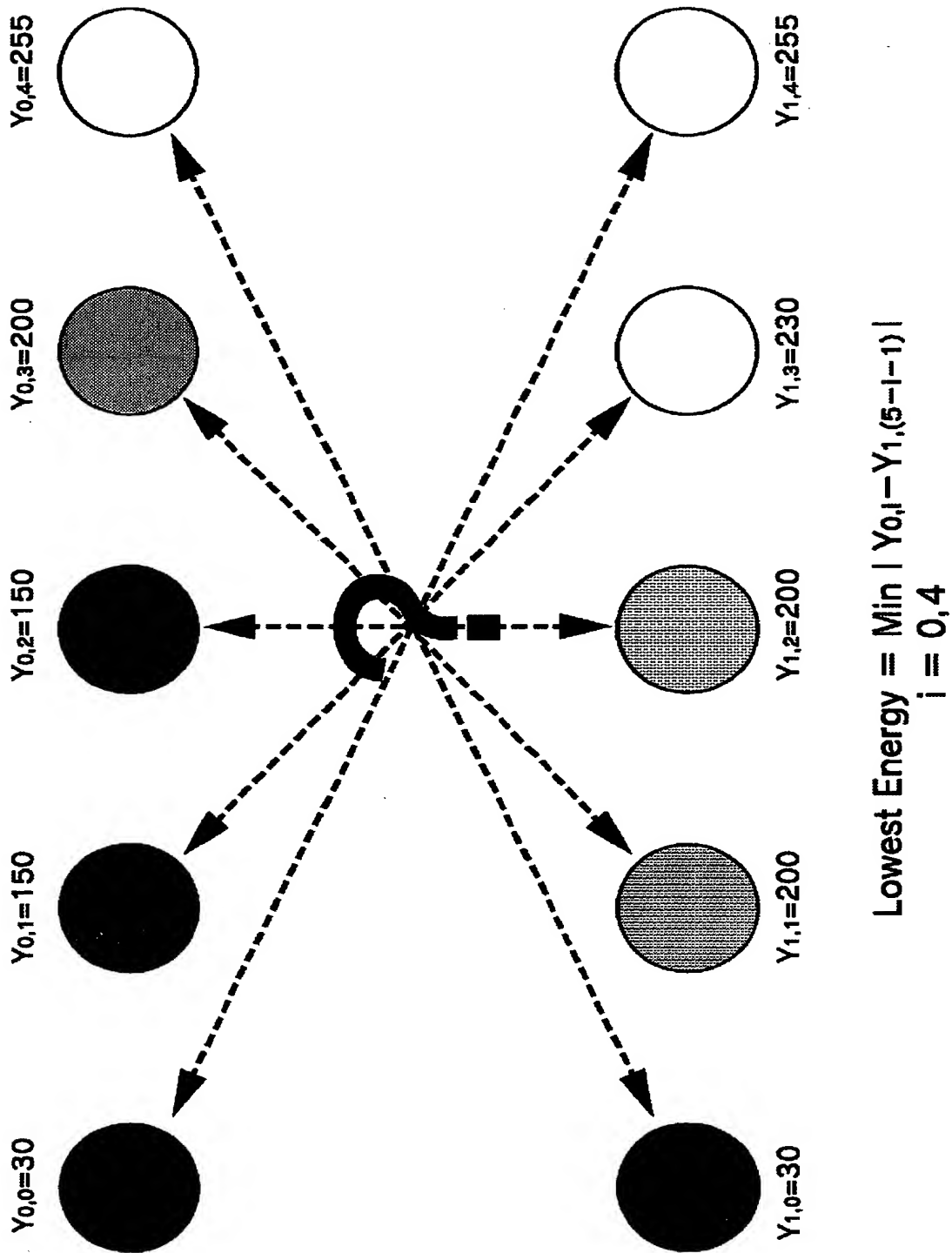
【図 8】



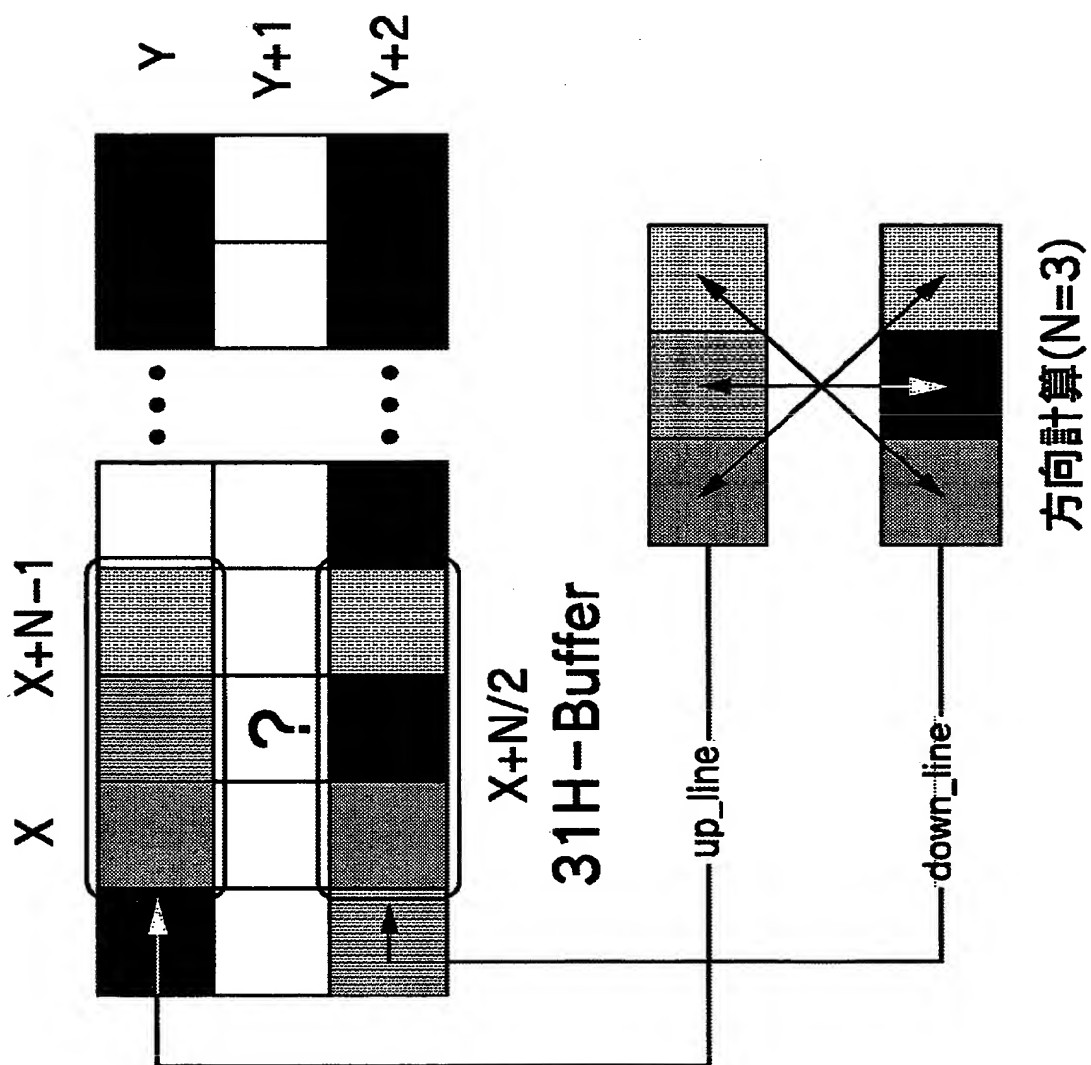
【図 9】



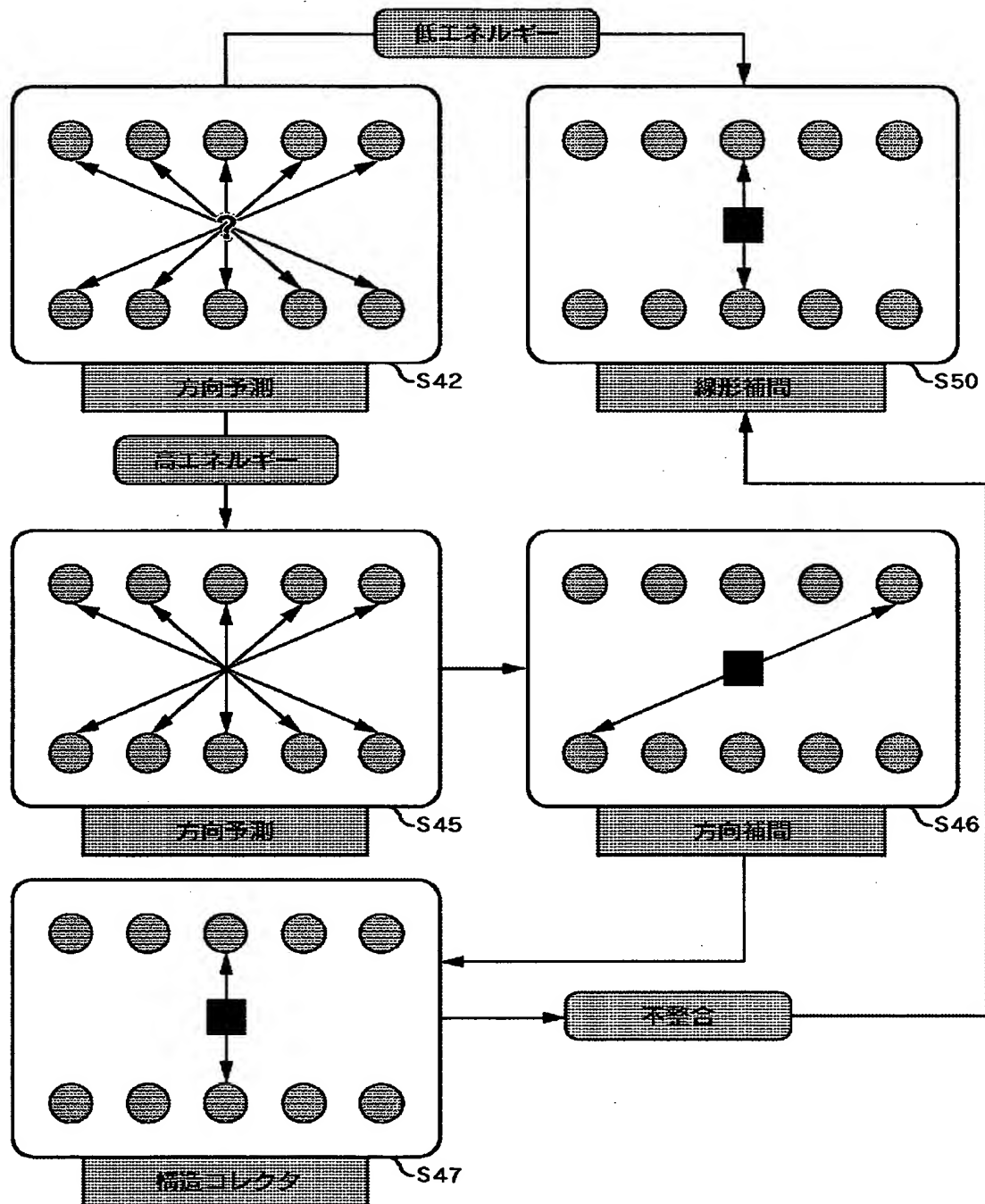
【図10】



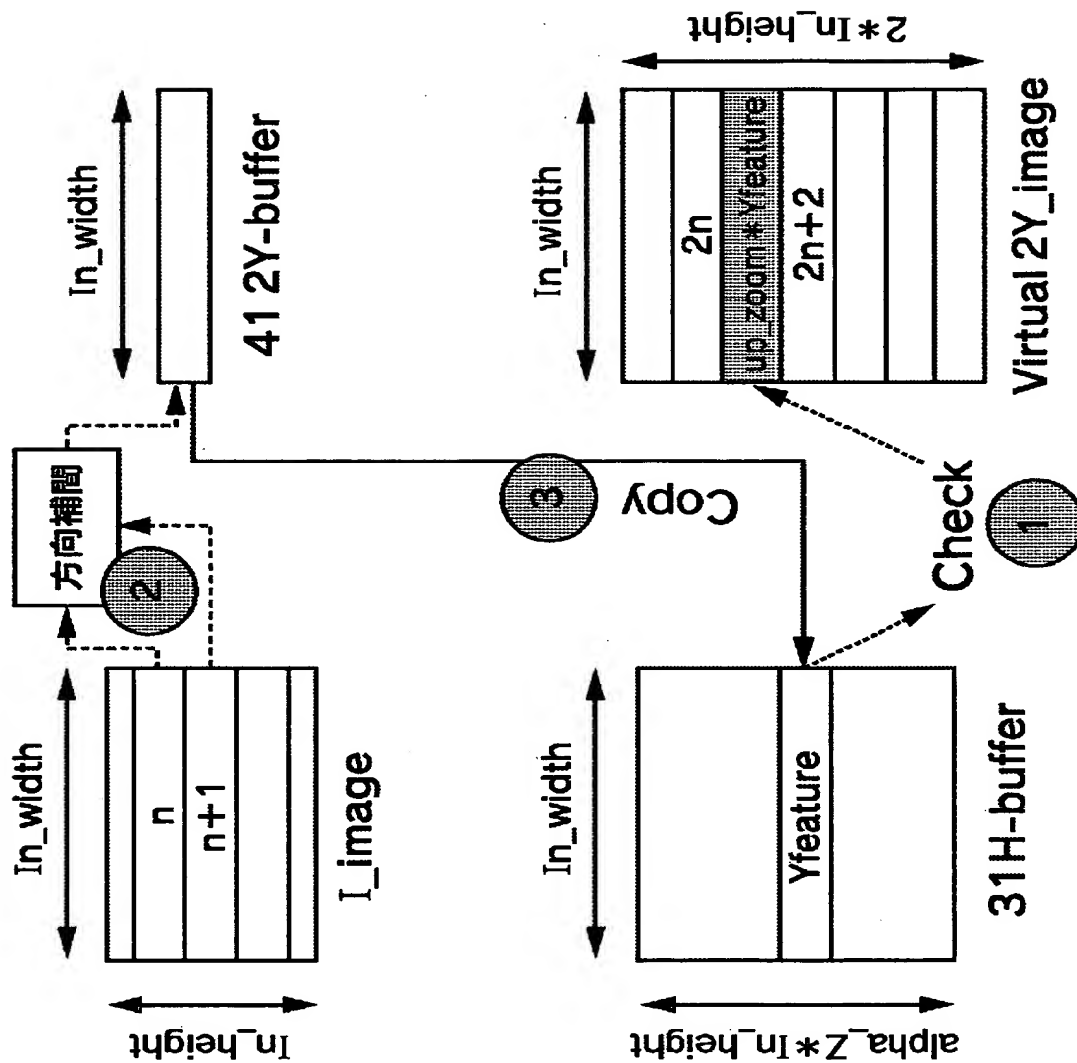
【図 11】



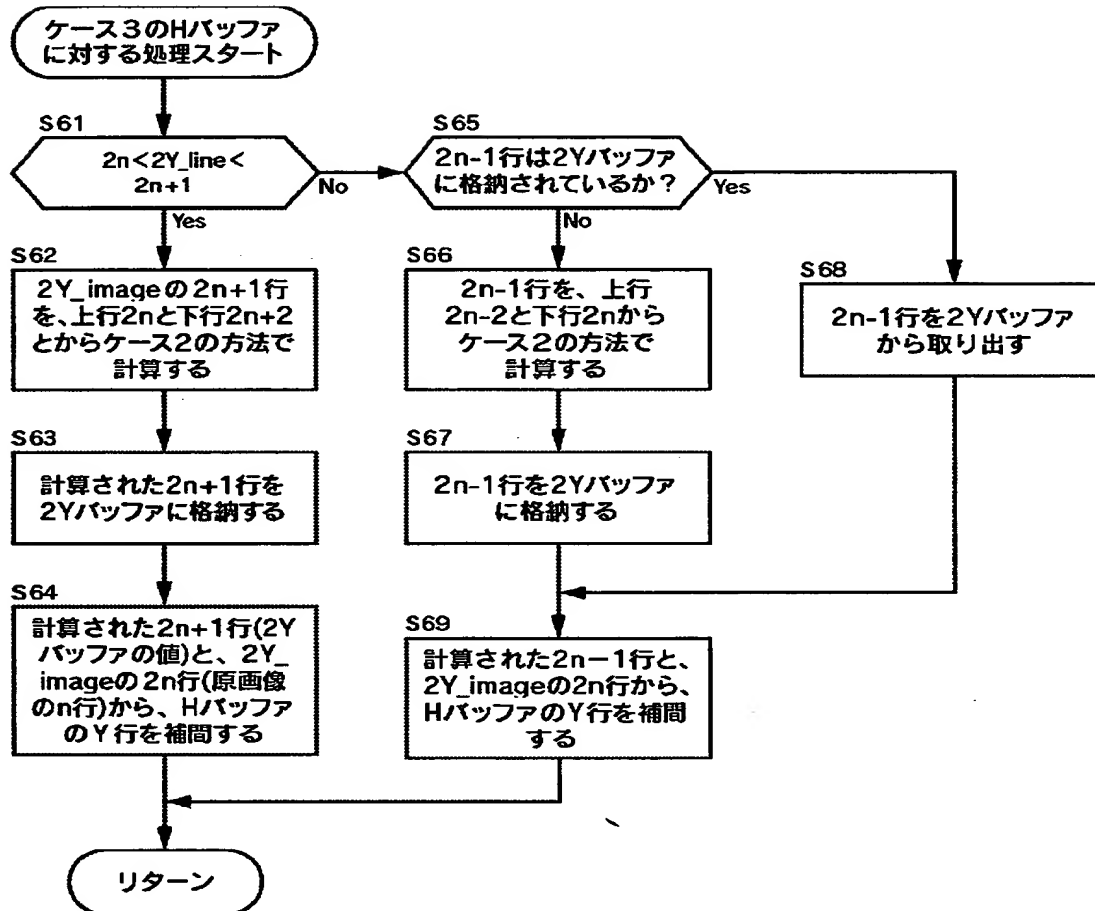
【図 12】



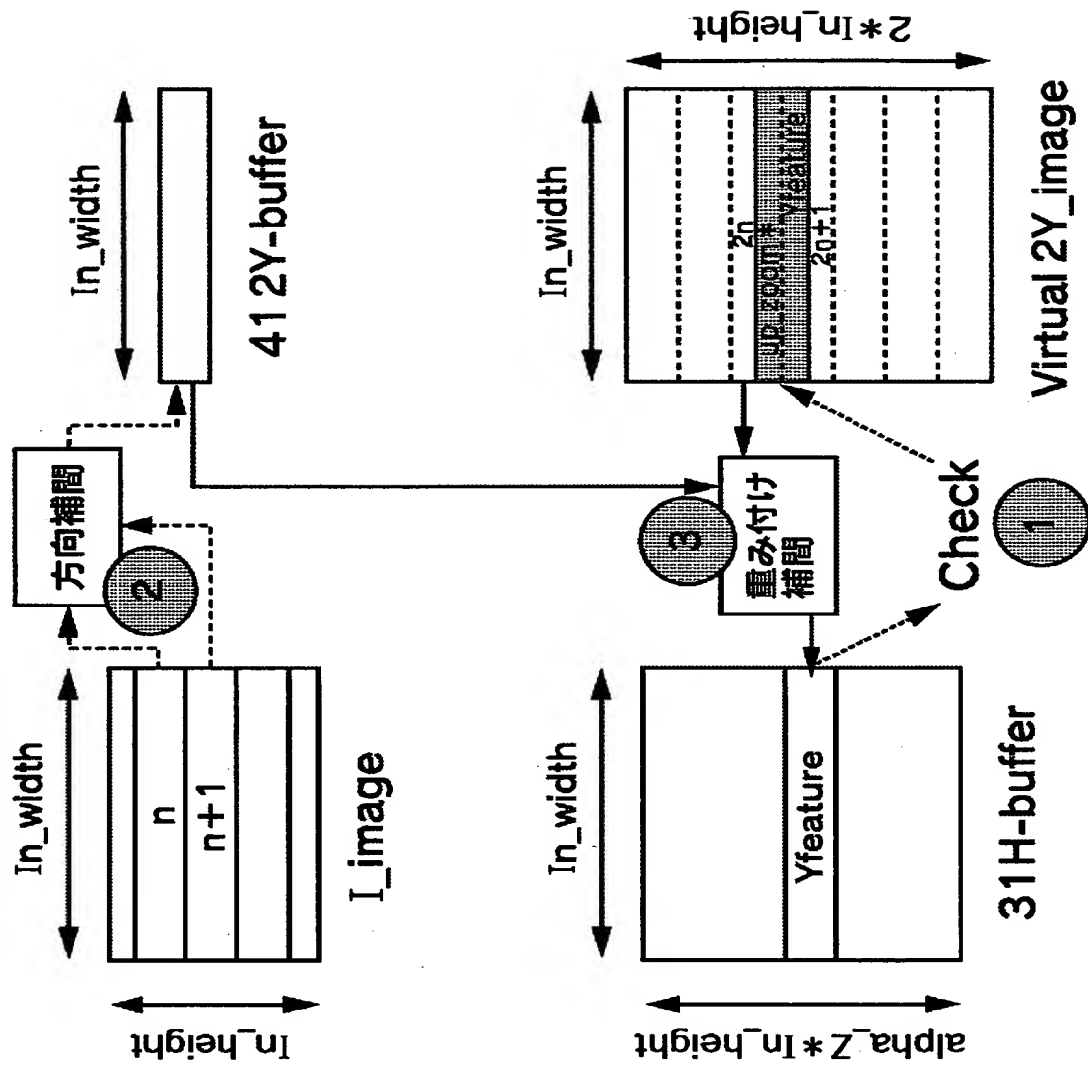
【図 13】



【図14】



【図 1 5】

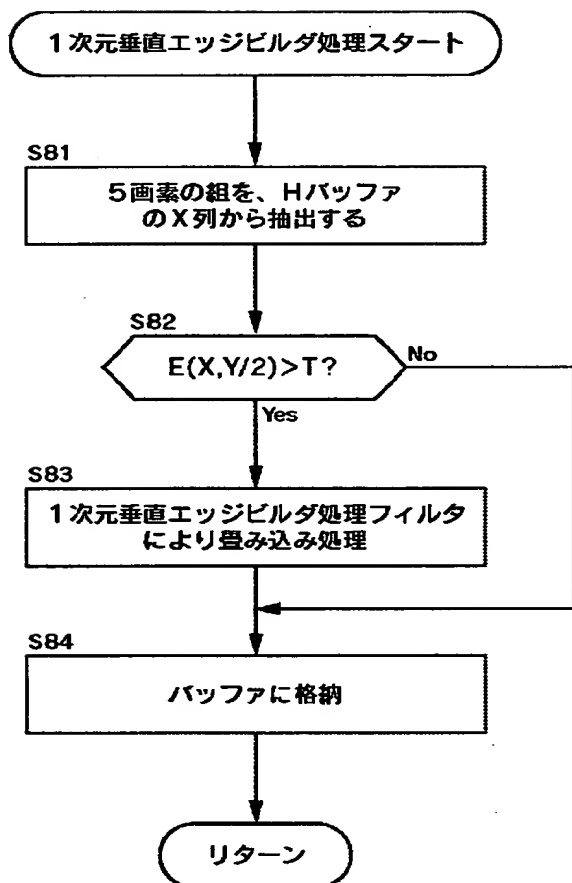


【図 16】

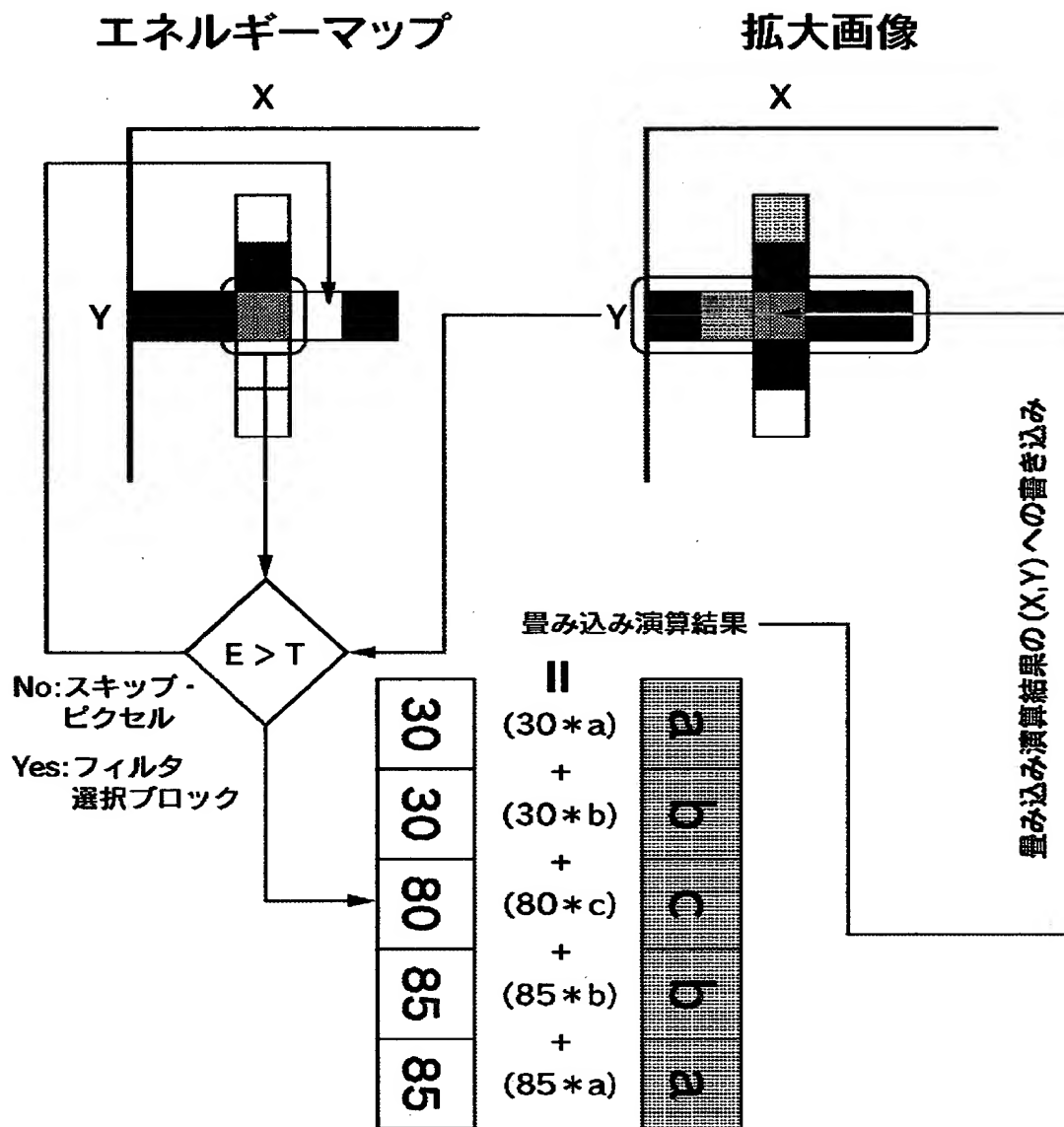
$\left(\frac{1}{4} - \frac{\alpha^2}{2}\right)$	$\frac{1}{16} - \frac{\alpha}{8}$	$\frac{\alpha}{4} - \frac{\alpha^2}{2}$	$\frac{1}{16} - \frac{\alpha}{8}$	$\left(\frac{1}{4} - \frac{\alpha^2}{2}\right)$
$\frac{1}{16} - \frac{\alpha}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{\alpha}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16} - \frac{\alpha}{8}$
$\frac{\alpha}{4} - \frac{\alpha^2}{2}$	$\frac{\alpha}{4}$	α^2	$\frac{\alpha}{4}$	$\frac{\alpha}{4} - \frac{\alpha^2}{2}$
$\frac{1}{16} - \frac{\alpha}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{\alpha}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16} - \frac{\alpha}{8}$
$\left(\frac{1}{4} - \frac{\alpha^2}{2}\right)$	$\frac{1}{16} - \frac{\alpha}{8}$	$\frac{\alpha}{4} - \frac{\alpha^2}{2}$	$\frac{1}{16} - \frac{\alpha}{8}$	$\left(\frac{1}{4} - \frac{\alpha^2}{2}\right)$

エッジビルダ (α)

【図 17】



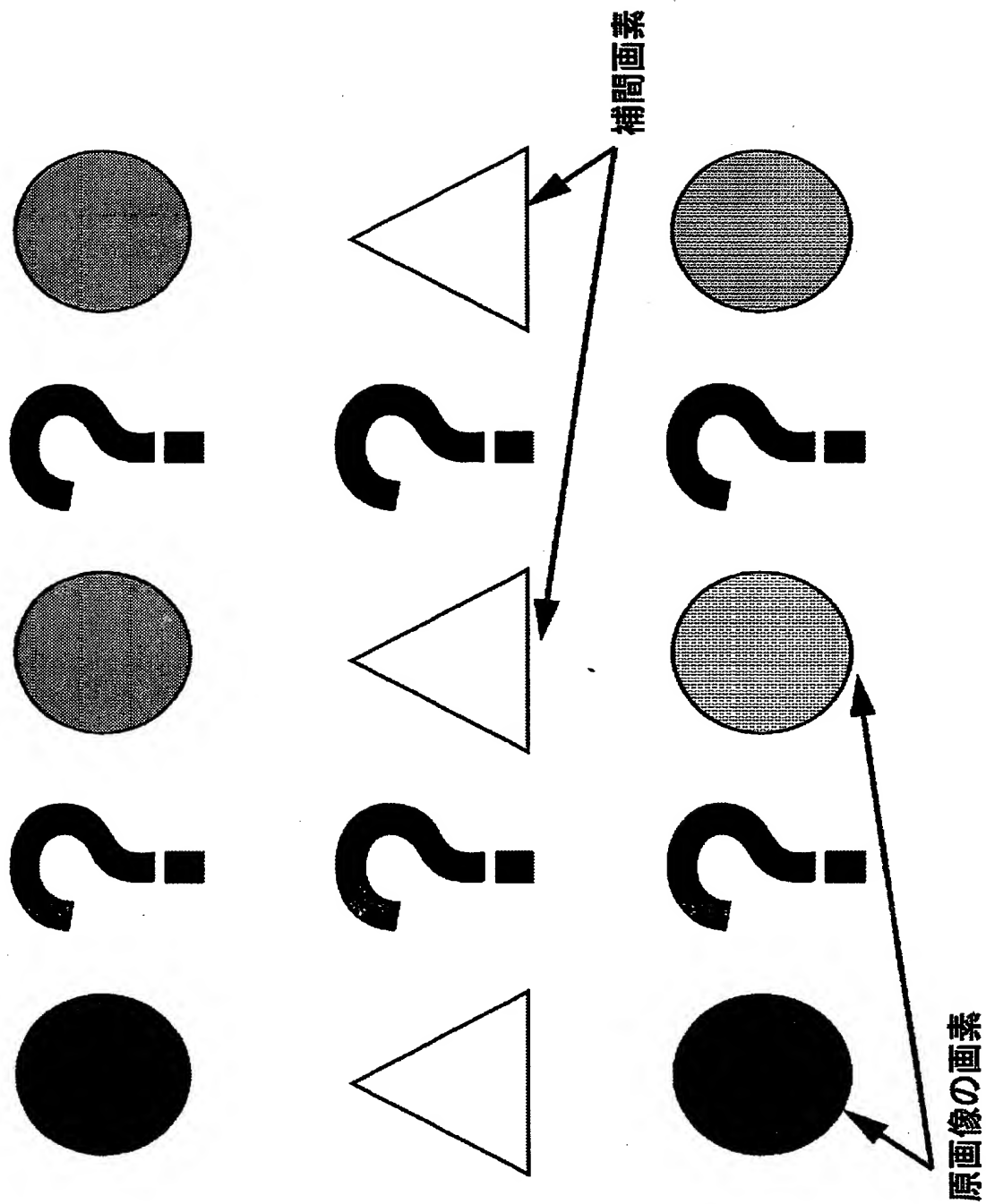
【図18】



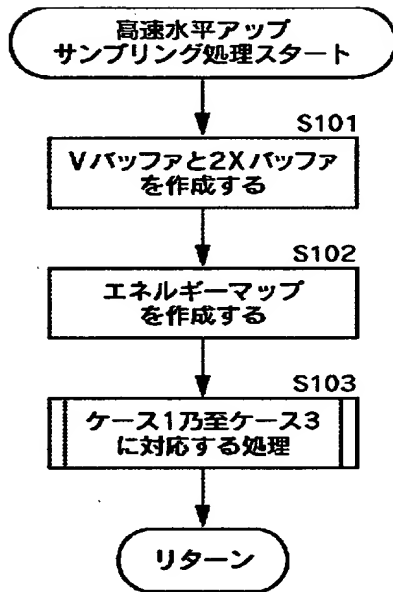
$$\alpha = 1.4 - (0.1 * Z)$$

$$a = (1/4 - \alpha/2), b = 1/4, c = \alpha$$

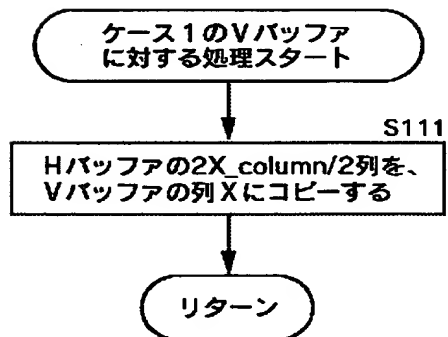
【図19】



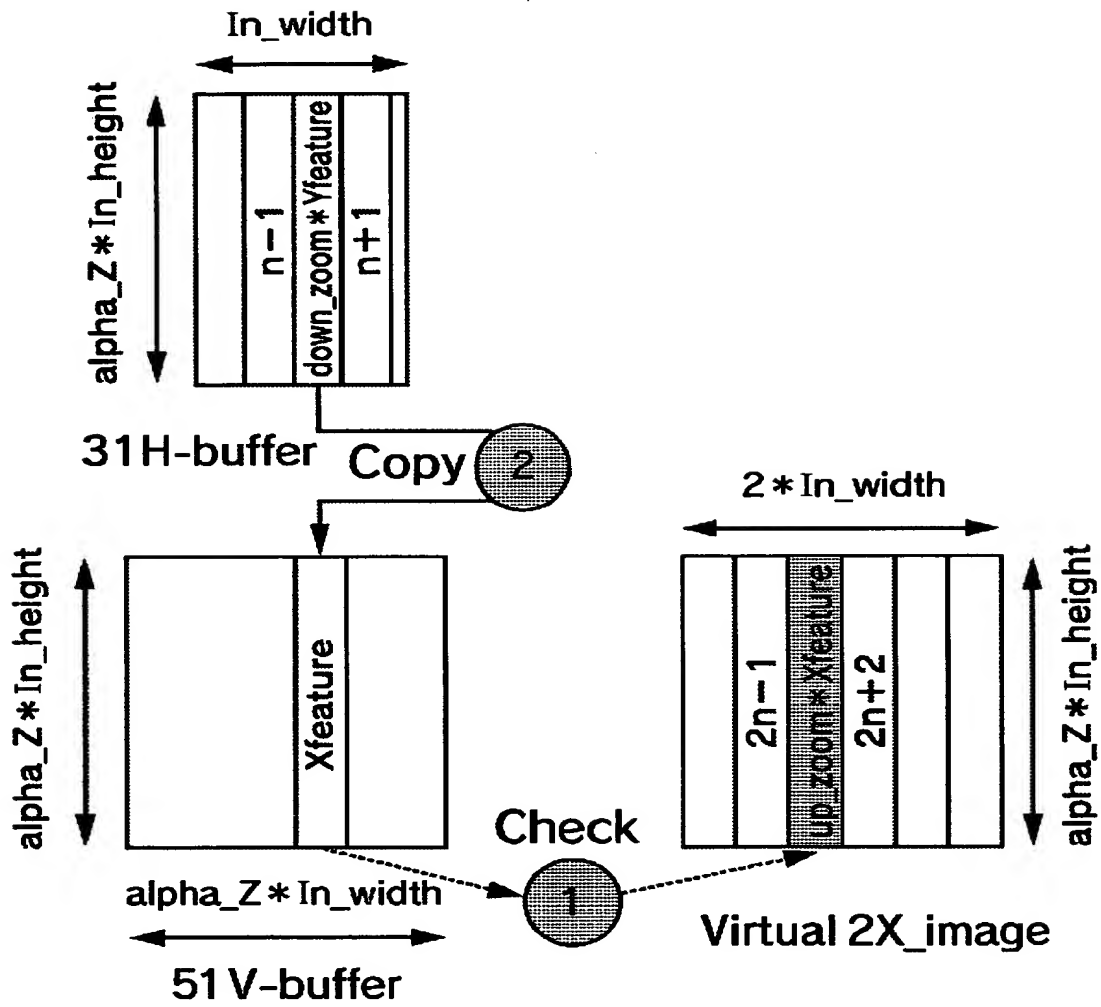
【図 2 0】



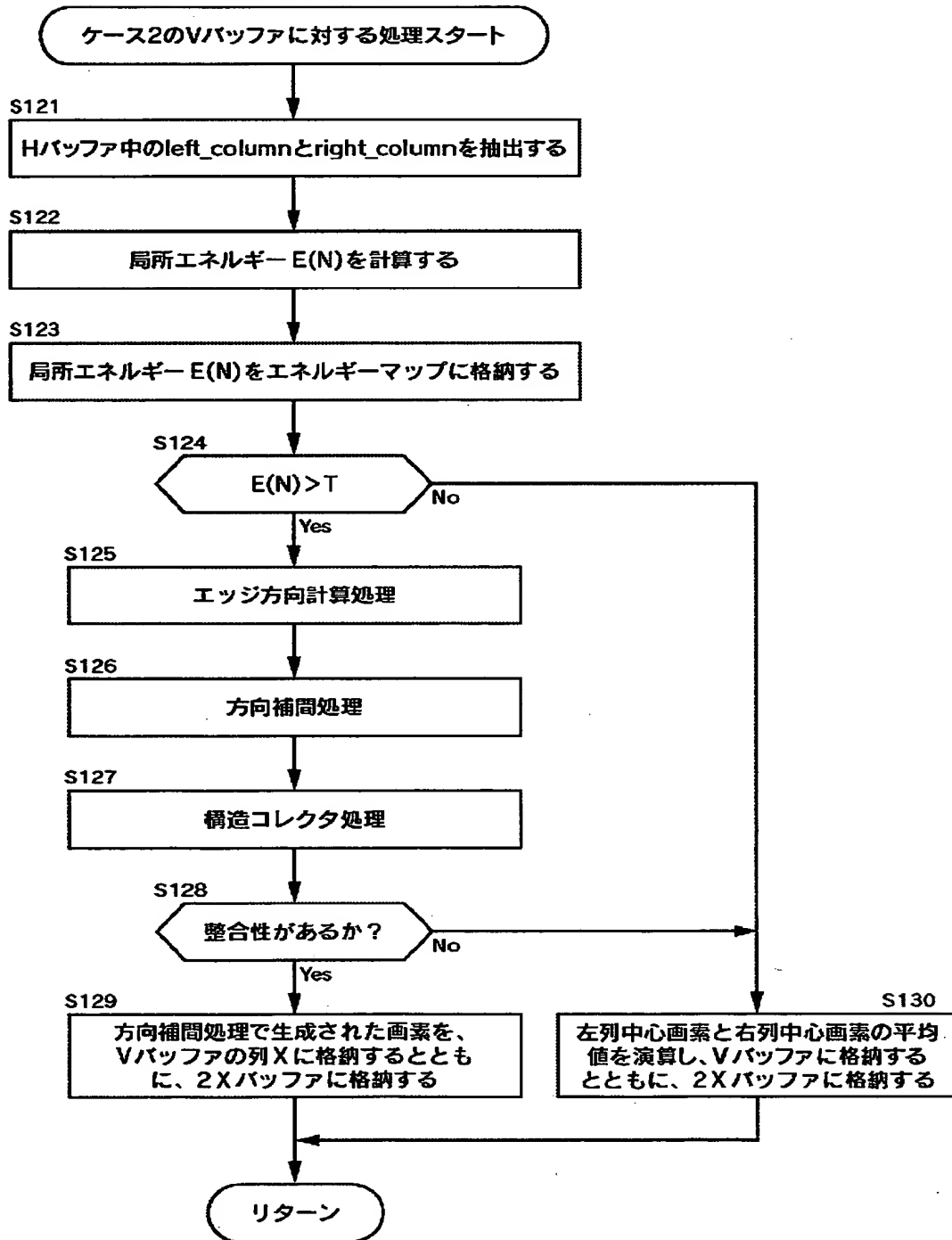
【図 2 1】



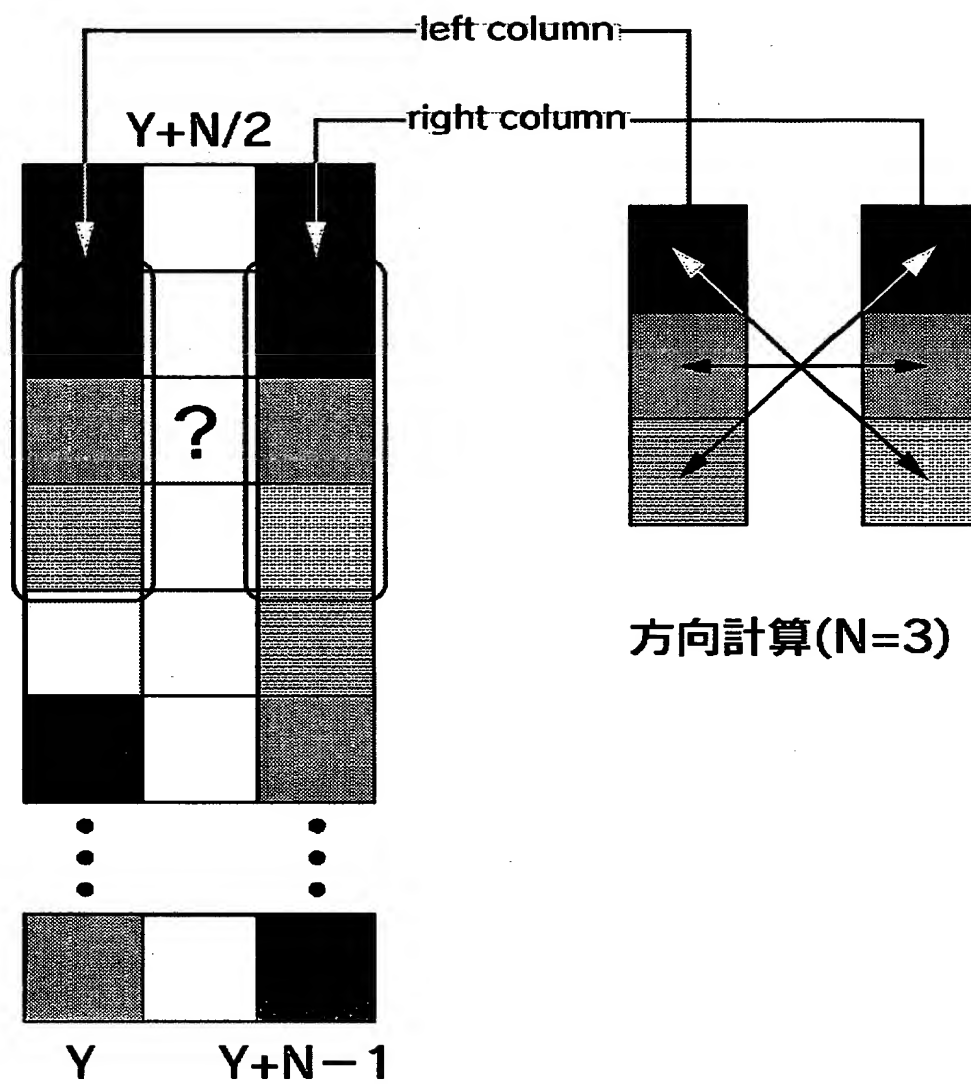
【図 22】



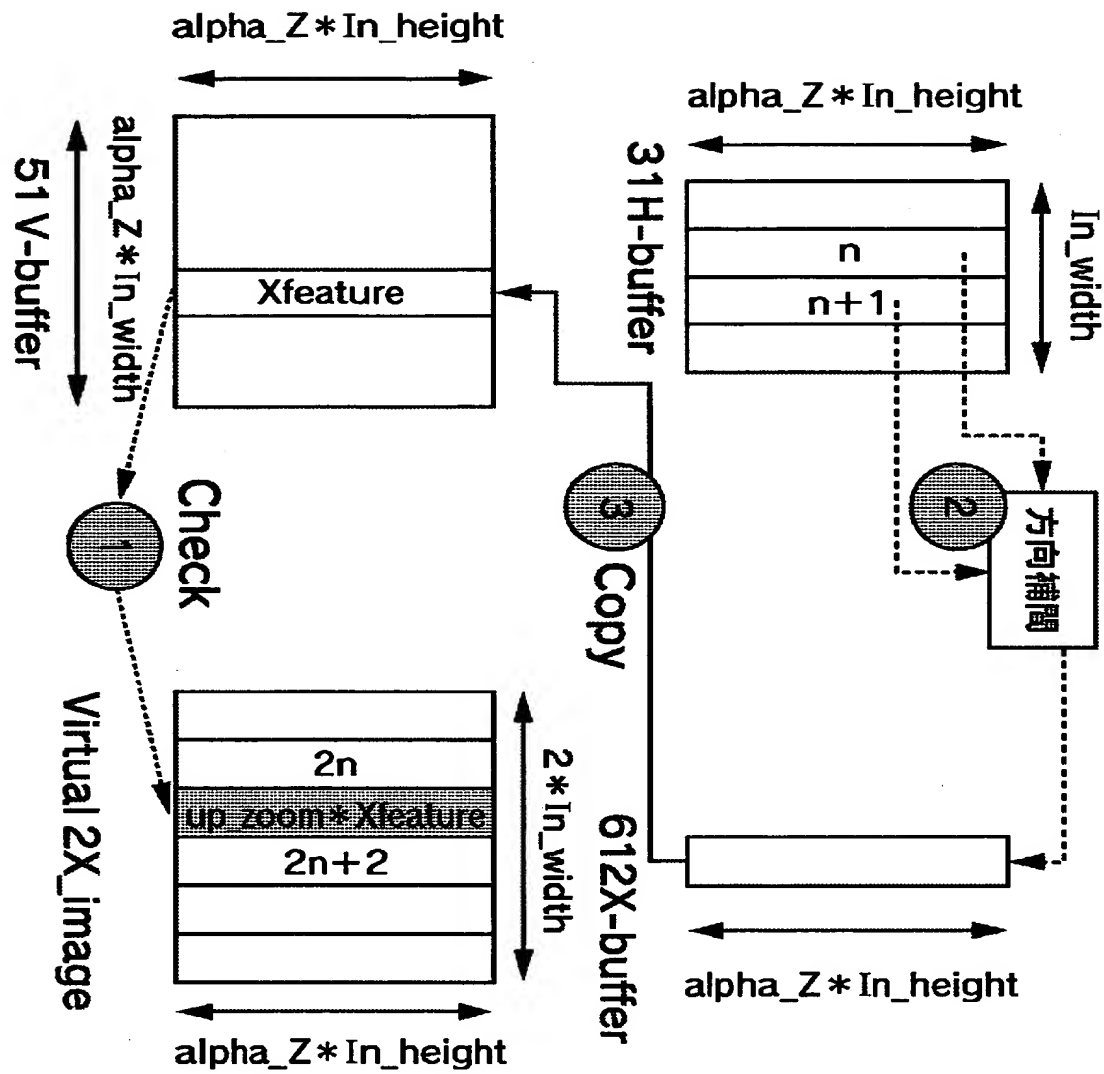
【図 23】



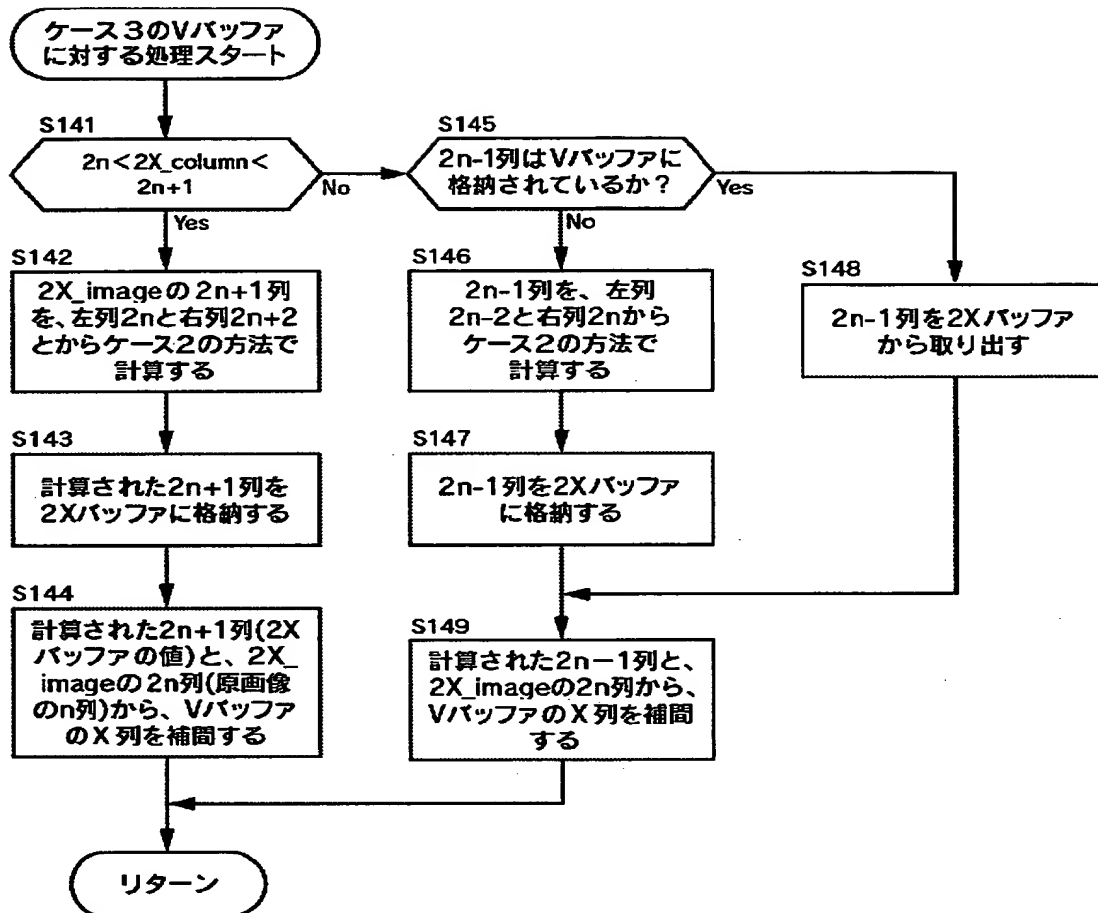
【図 24】



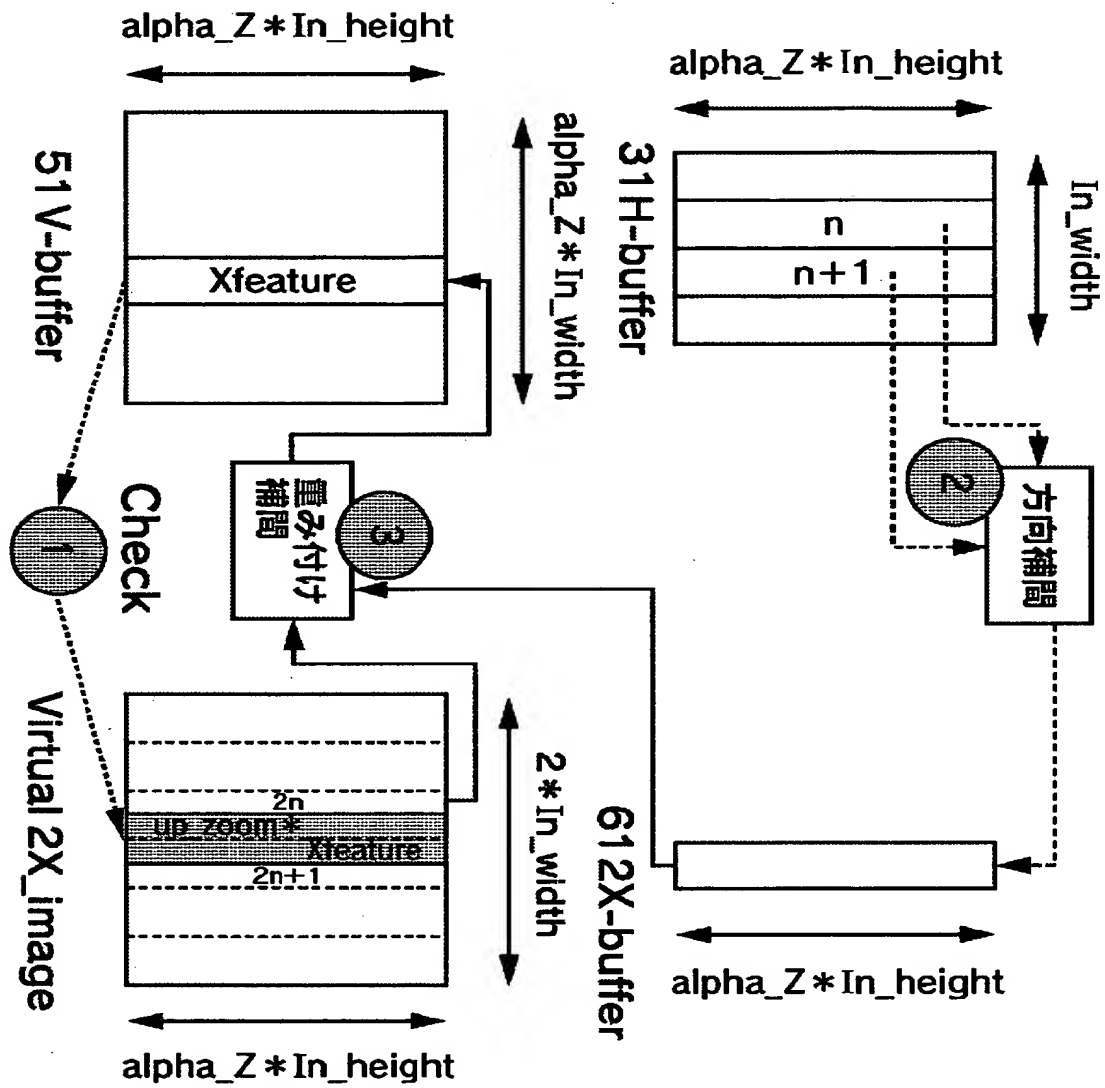
【図 25】



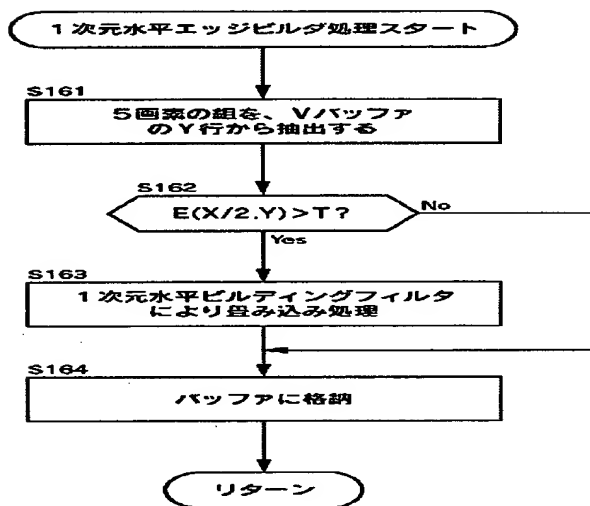
【図 2 6】



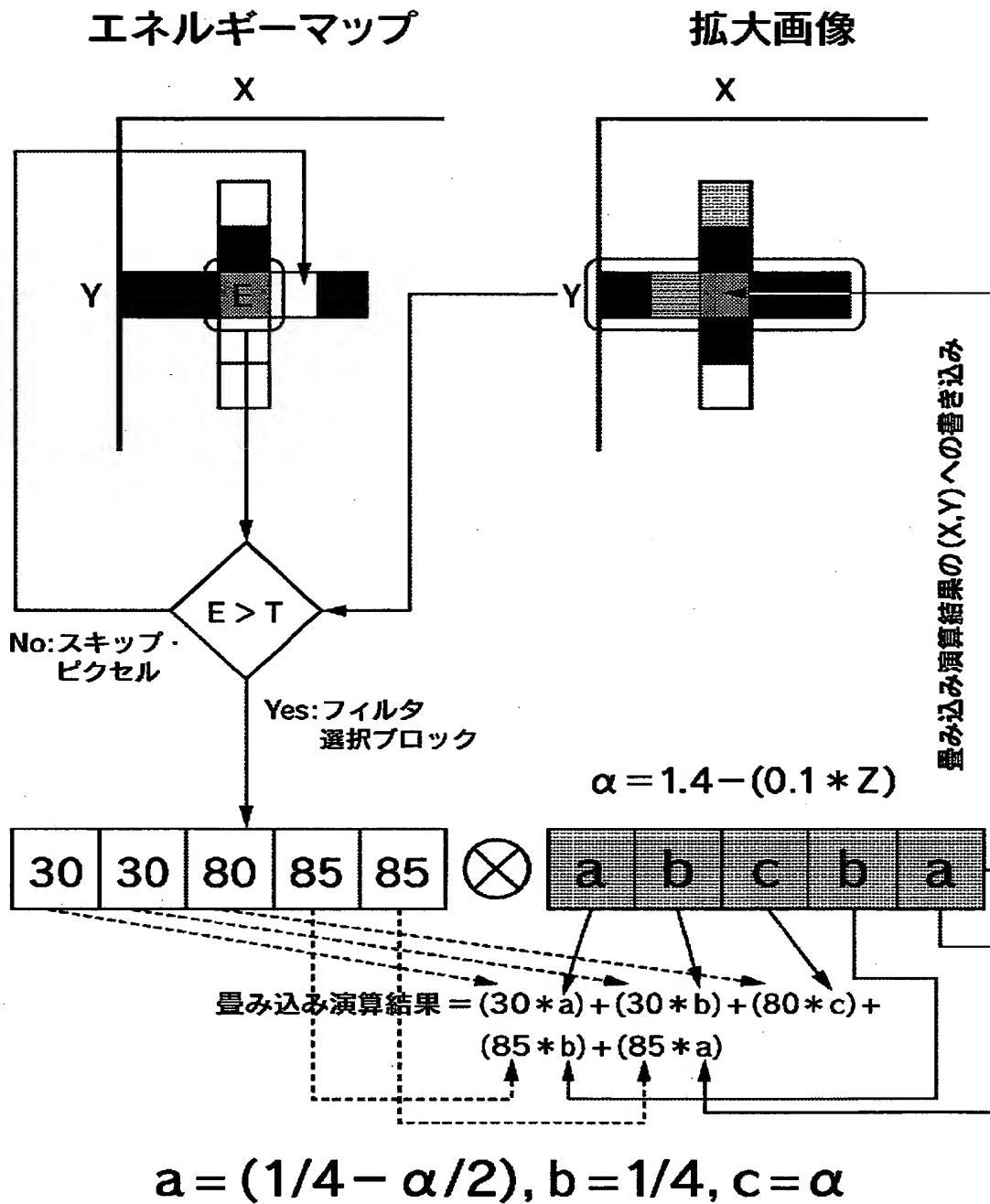
【図 27】



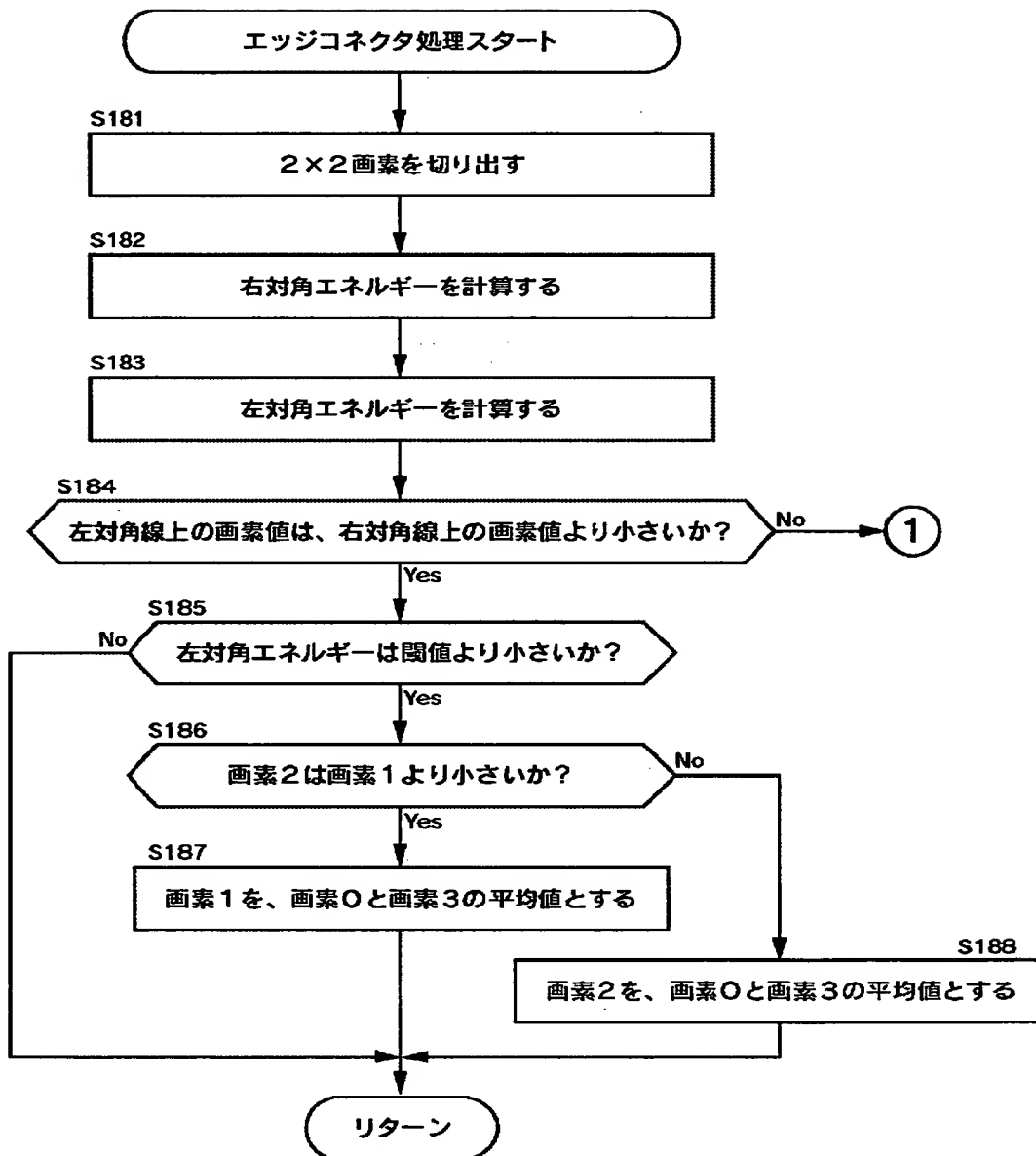
【図 28】



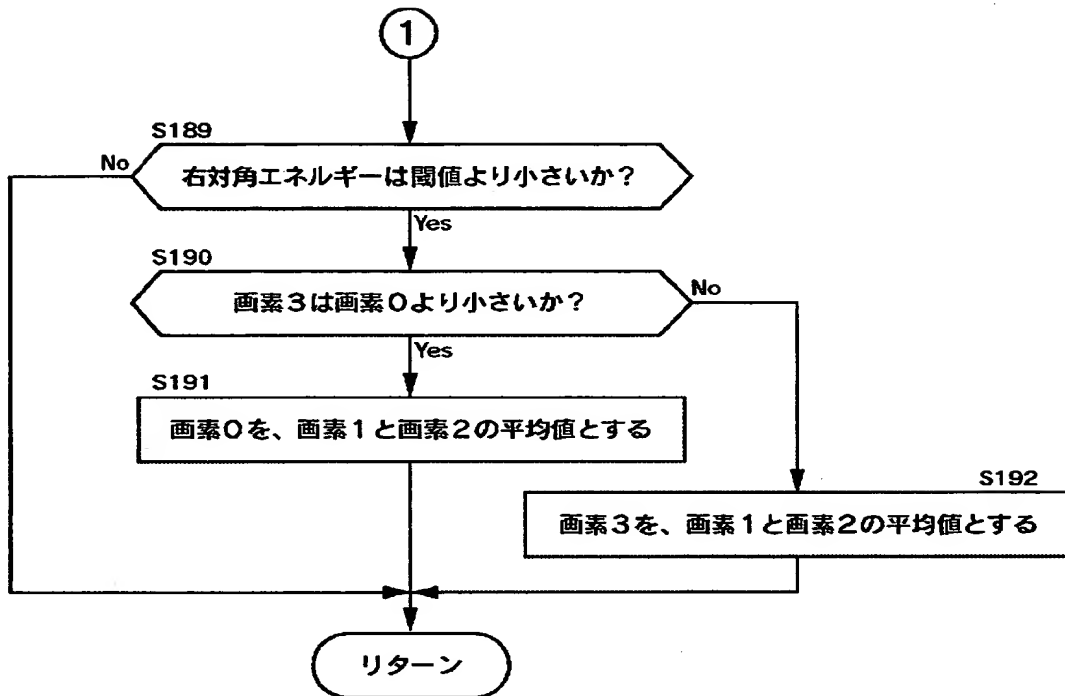
【図 2 9】



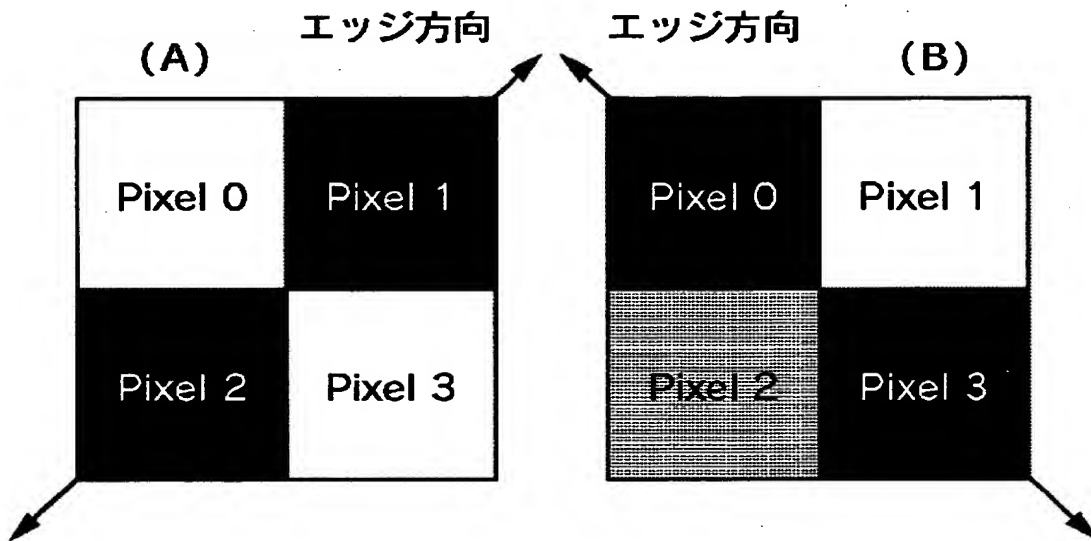
【図 30】



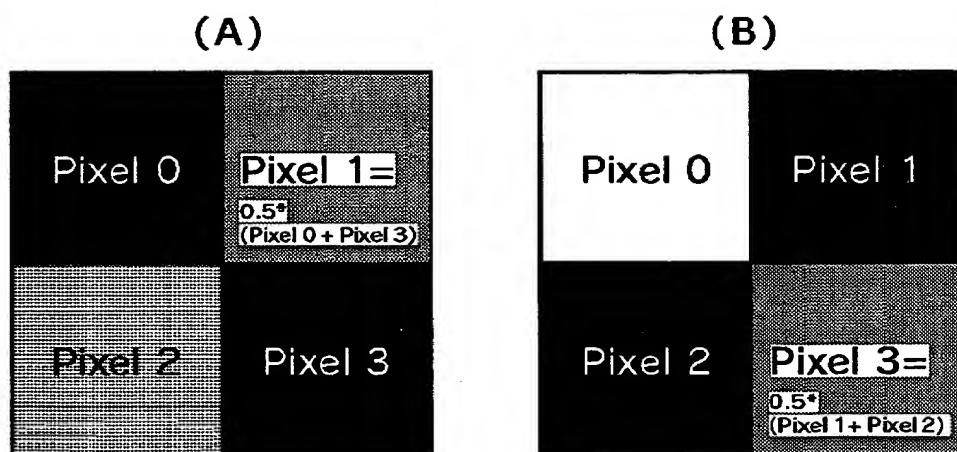
【図 3 1】



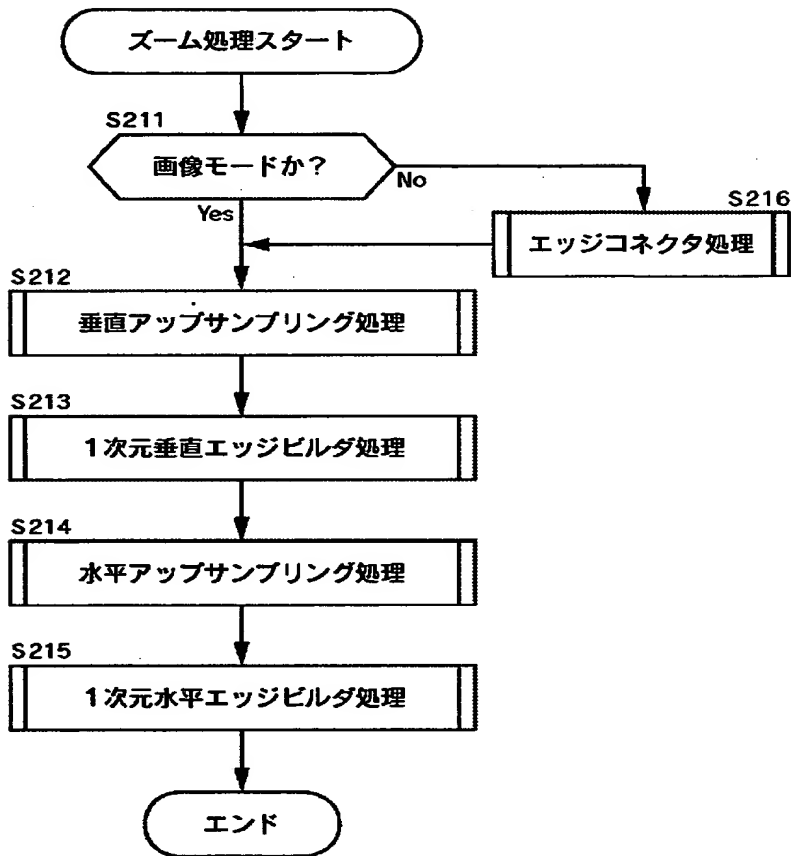
【図32】



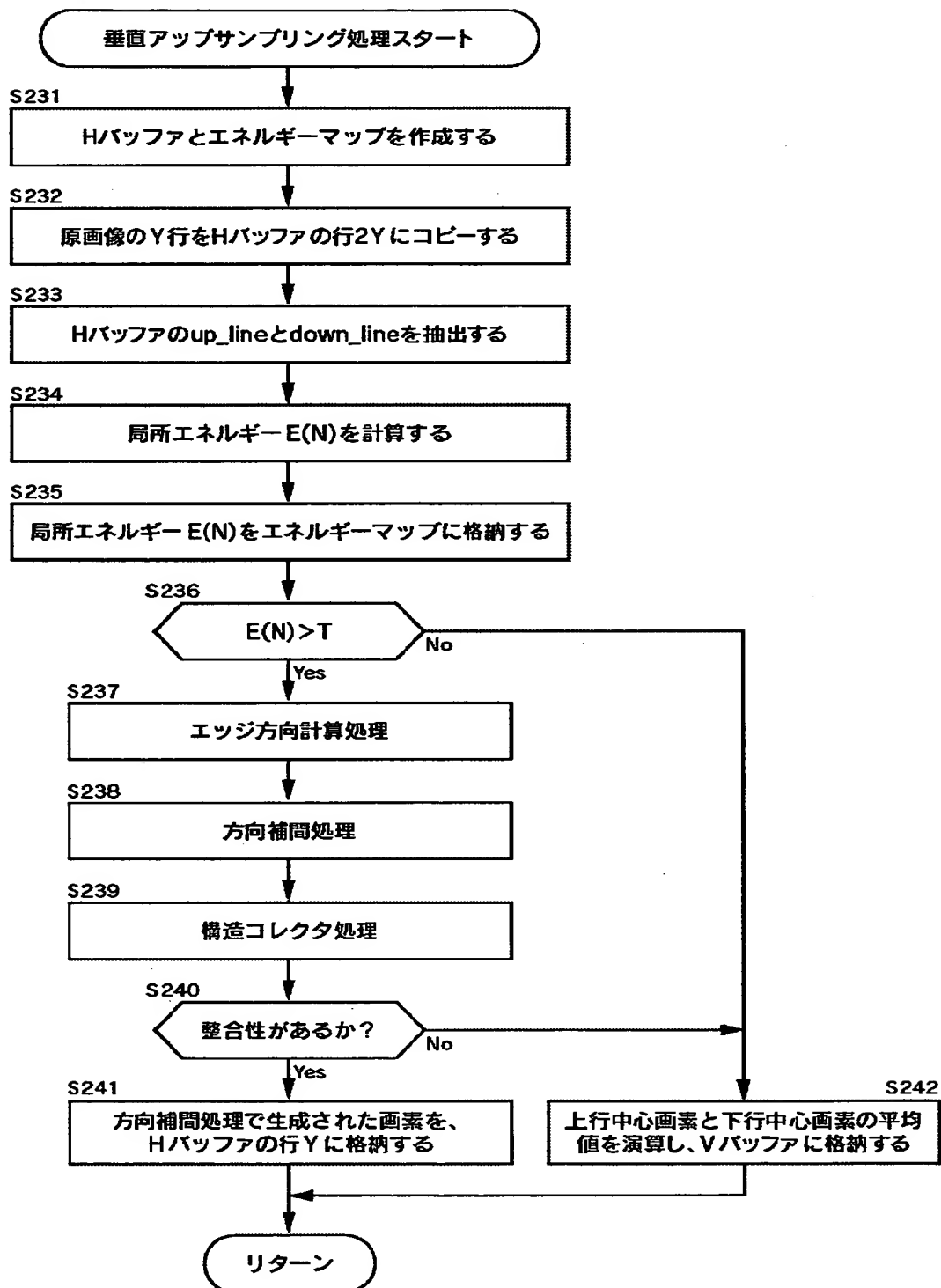
【図33】



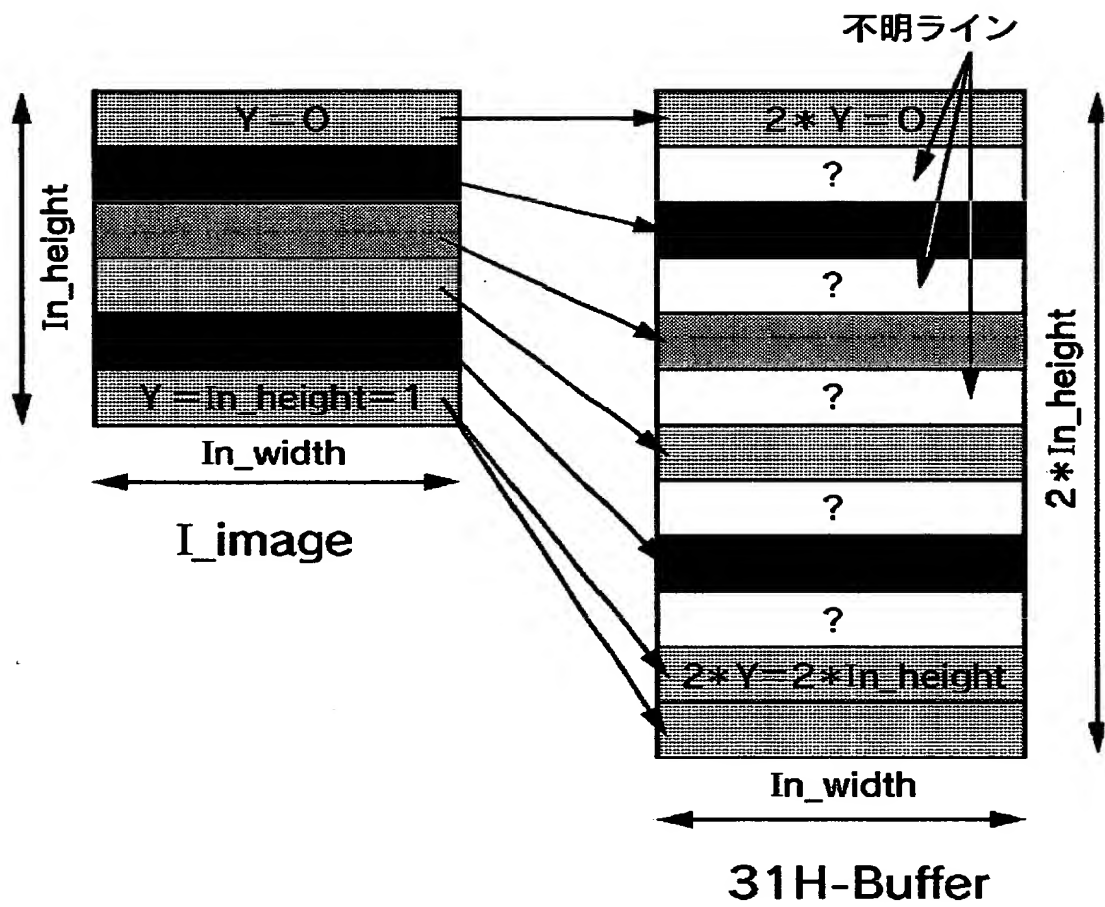
【図 34】



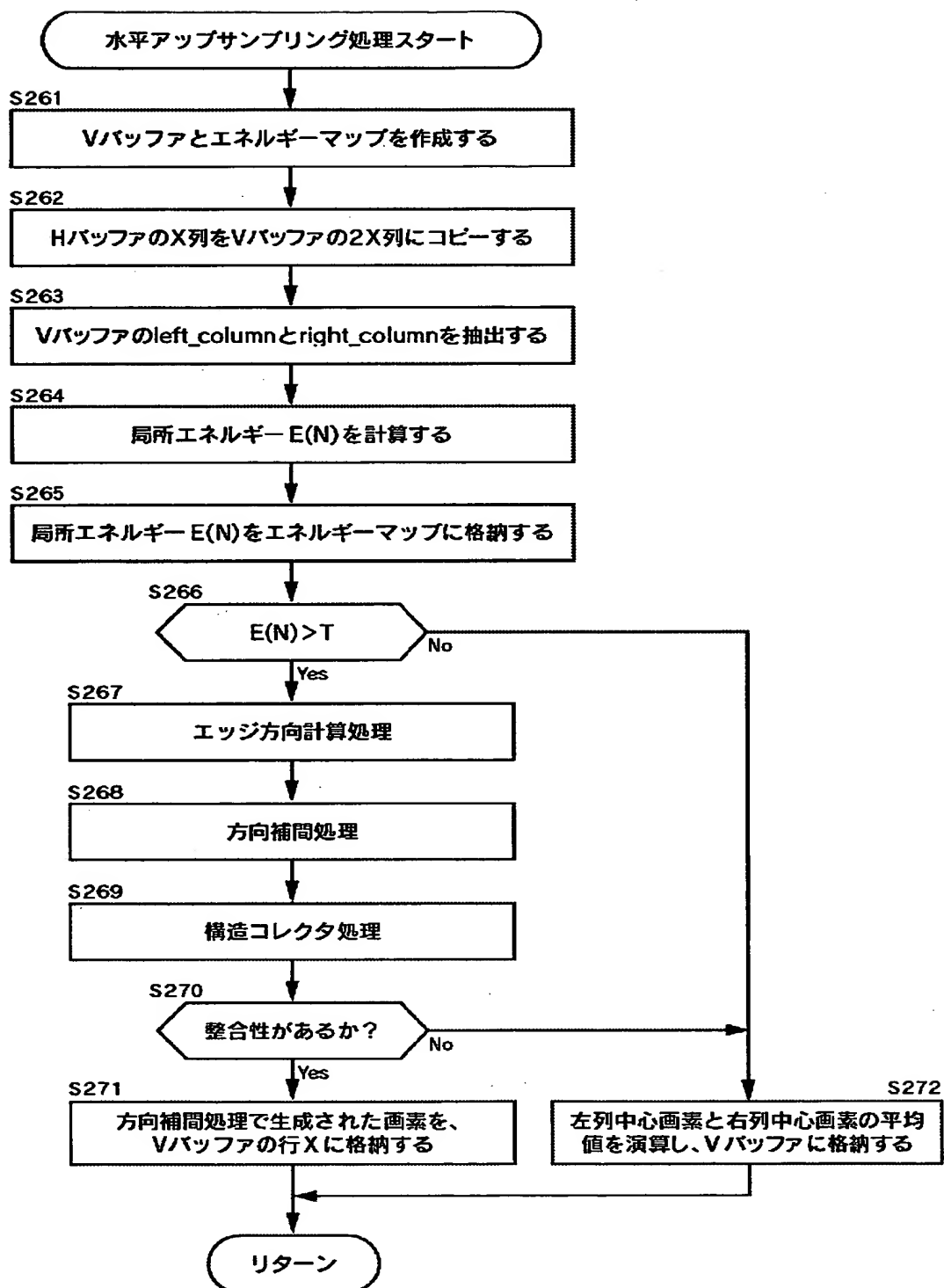
【図 35】



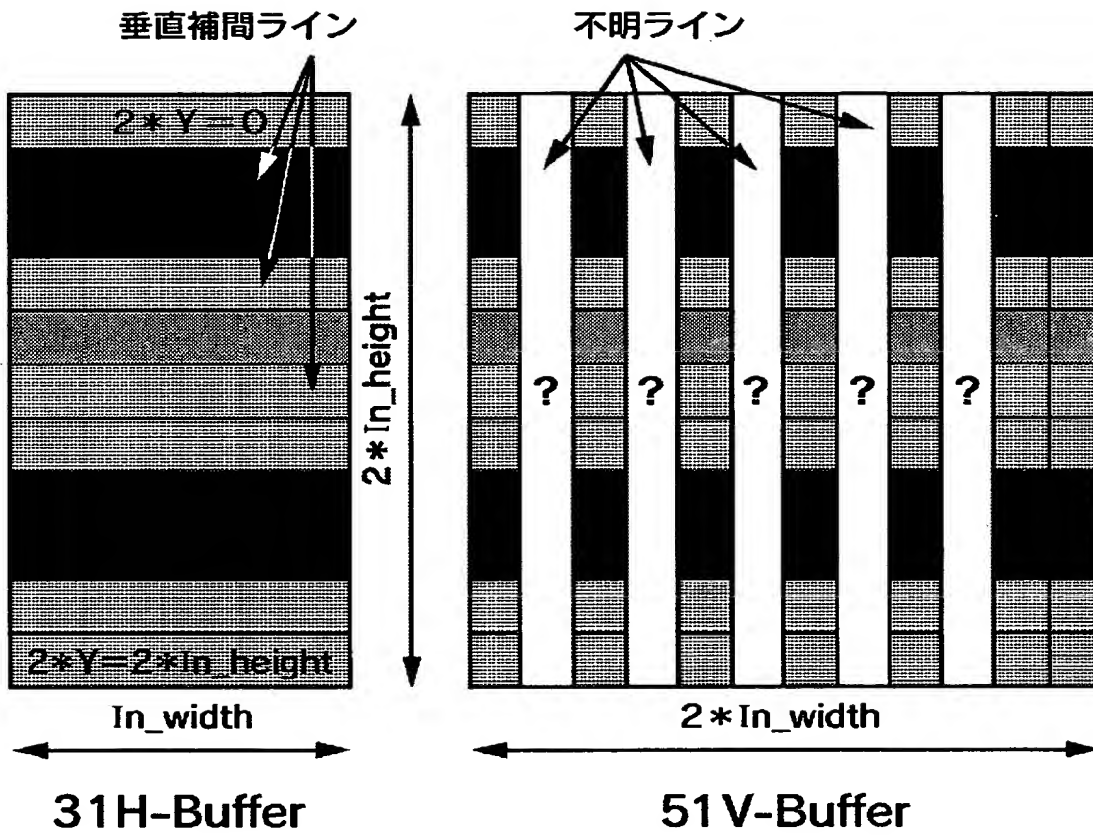
【図 36】



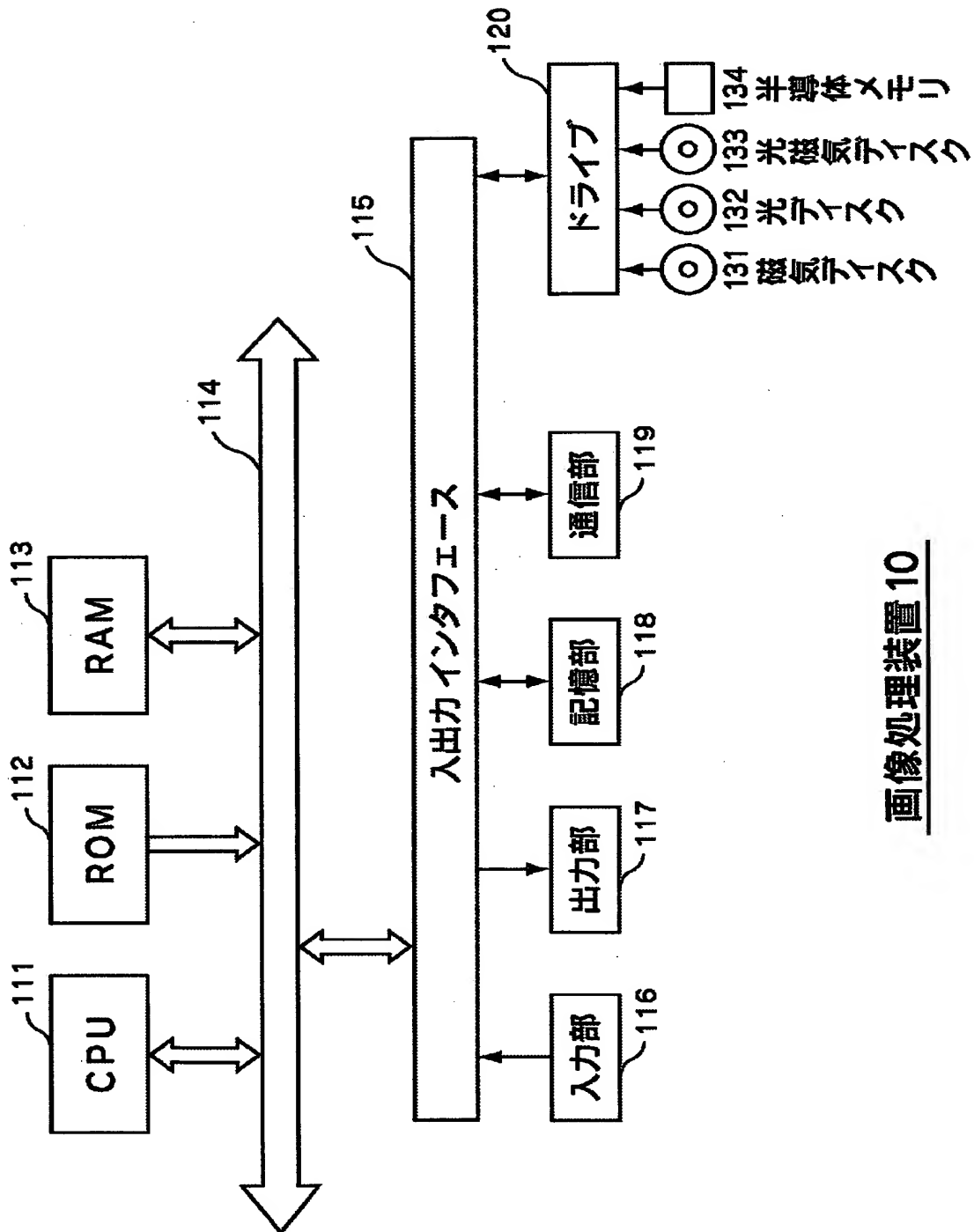
【図 37】



【図 3 8】



【図 39】



画像処理装置 10

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 少ない計算処理で効果的且つ簡単に画像の解像度を変更できるようにする。

【解決手段】 原画像の上行と下行のN個の画素の対角線に位置する画素の差から局所エネルギーが計算される（ステップS42）。局所エネルギーが閾値より大きい場合、対角線上に位置する画素の差が最も小さい方向が、エッジの方向として検出され（ステップS45）、その方向の2つの画素の平均値として、その間の画像が補間される（ステップS46）。補間した画像とその上下の画素との間の整合性が判定され（ステップS47）、整合性がない場合には、エネルギーが基準値より小さい場合と同様に、線形補間処理が行われる（ステップS50）。

【選択図】 図12

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社